

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 2001



J. CRAMER Verlag · Braunschweig

2002

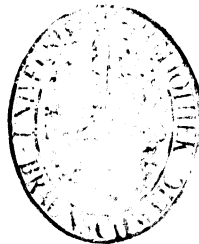
Das vorliegende Jahrbuch ist bei der Braunschweigischen Wissenschaftlichen
Gesellschaft und beim Buchhandel erhältlich
Preis: € 16,00

Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Fallersleber-Tor-Wall 16 · D-38100 Braunschweig
Postfach 3329 · D-38023 Braunschweig
Telefon: (05 31) 1 44 66 · Fax (05 31) 1 44 60

<http://www.bwg-niedersachsen.de>

Für die Redaktion verantwortlich:
Der Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft



ISSN 0931-1734
ISBN 3-934656-08-0

Gesamtherstellung:
J. Cramer Verlag · Am Hasengarten 23 A · D-38126 Braunschweig
2002
Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG)	11
Die Organe der BWG 1943 - 2001	12
Die Satzung der BWG	14

PLENARVERSAMMLUNGEN

12.01.2001	in Braunschweig <i>Heinz Duddeck</i> : Macht Wissenschaft glücklich? Wie Wissenschaft den Menschen kränkt. Und wie sie ihm dennoch die Heiterkeit des Geistes bringt (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 51 [2001])	
09.02.2001	in Braunschweig <i>Jochen Litterst</i> : Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft und Carolo Wilhelmina – unterwegs zu neuen gemeinsamen Zielen	
09.03.2001	in Braunschweig <i>Udo Peil</i> : Bauwerksüberwachung – Notwendigkeit, Probleme und Möglichkeiten: der SFB 477	19
06.04.2001	in Braunschweig <i>Klaus P.G. Gahl</i> : Über die Einheit des Menschen aus ärztlicher Sicht	27
08.06.2001	in Hannover <i>Reiner Cunz</i> : Führung durch das Niedersächsische Münzkabinett	
14.07.2001	in Clausthal-Zellerfeld <i>Hans-Peter Beck</i> : Automausstieg, was nun?	41
12.10.2001	in Braunschweig <i>Jörg Schwedes</i> : Erzeugen von Nanopartikeln durch Zerkleinern	43
09.11.2001	in Braunschweig <i>Klaus Alpers</i> : Hellanikos von Lesbos und die frühgriechische Epik (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 52 [2002])	

KLASSENSITZUNGEN

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

09.02.2001	in Braunschweig <i>Heiko Harborth</i> : Ramsey-Zahlen	47
09.03.2001	in Braunschweig Regularien	
06.04.2001	in Braunschweig <i>Karl Schügerl</i> : Prozesstechnische Aspekte der Produktion von Antibiotika gezeigt am Beispiel von Cephalosporin C	49
12.10.2001	in Braunschweig <i>Herbert Welling</i> : Laser in der Medizin	53
09.11.2001	in Braunschweig <i>Klaus Görlitzer</i> : Beiträge zur Chemie und Analytik von Morphin (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 51 [2001])	

Klasse für Ingenieurwissenschaften

09.02.2001	in Braunschweig <i>Harald Zenner</i> : Simulation der Werkstoffermüdung (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 52 [2002])	
09.03.2001	in Braunschweig <i>Wolfgang Kowalsky</i> : Organische Elektrolumineszenz-Displays	
08.06.2001	in Hannover <i>Dieter Kind</i> : Über die aktuelle Bedeutung der Messunsicherheit	55
12.10.2001	in Braunschweig <i>Alfred Mühlbauer</i> : Modellierung industrieller Prozesse zur Züchtung von Silizium-Einkristallen	57
09.11.2001	in Braunschweig <i>Peter Wriggers</i> : Rechnergestütztes Materialdesign	61

Klasse für Geisteswissenschaften

09.03.2001	in Braunschweig <i>Helwig Schmidt-Glintzer</i> : Bericht über den geplanten Anbau der Herzog August Bibliothek	
------------	---	--

Inhaltsverzeichnis

7

12.10.2001 in Braunschweig
Claus-Artur Scheier: Offenbarung im Untergang. Zum geschichtlichen Ort der Ästhetik Karl Wilhelm Ferdinand Solgers
 (Ausführliche Fassung in den Abhandlungen 51 [2001])

09.11.2001 in Braunschweig
Reiner Cunz: Die Münzen Heinrichs des Löwen

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG am 18. Mai 2001**Öffentliche wissenschaftliche Vorträge**

Roland Vollmar, Karlsruhe
 Seit wann gibt es Informatik? 65

Dominique Borrione, Grenoble
 On the Development of Hardware Description Languages 77

Hans-Georg Musmann, Hannover
 Bild- und Ton-Codierung für die Multi-Media-Kommunikation 95

Festversammlung im Altstadtrathaus

Der Präsident der BWG, *Joachim Klein*:
 Ansprache und Bericht 105

Hans-Otto Leilich, Braunschweig
 Laudatio zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 2001 an *Robert Piloty* . 115

Robert Piloty
 Das Erfolgsgeheimnis des Internet 129

Urkunde und Lebenslauf des Preisträgers 150

Der Generalsekretär der BWG, *Claus-Artur Scheier*
 Schlussworte 152

MITTEILUNGEN

Veröffentlichungen 153

Geschäftliche Mitteilungen 153

PERSONALIA

Todesfälle	154
Nachrufe	155
Zuwahlen	160
Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949 – 2001	163
Mitgliederverzeichnis	167

Viertes Colloquium der Kommission Recht und Technik der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft in Verbindung mit den Stadtwerken Hannover

Kraft-Wärme-Kopplung als Beitrag zu Klimaschutz und Energieeinsparung

- Joachim Klein: (TU Braunschweig, Präsident der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft)
Begrüßung
- KLAUS HASSELMANN: (Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg)
*Der Kyoto-Prozess zum Klimaschutz: Hintergründe und
Entwicklungsoptionen aus Sicht der Klimaforschung*
- HANS JÜRGEN EBELING: (Mitglied des Vorstands der Stadtwerke Hannover/Universität
Hannover)
*Verdoppelung des KWK-Anteils an der Stromversorgung
– Vision oder Utopie?*
- GUNTHER KÜHNE: (TU Clausthal-Zellerfeld)
*Rechtsgrundlagen der Förderung der Kraft-Wärme-Kopp-
lung in Deutschland*
- ULRICH EHRCHE: (Universität Bremen)
*Europäische Rechtsharmonisierung zur Förderung der
Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)*
- BERNHARD ECKELHOF: (Zuckerinstitut e.V. Braunschweig)
*Die Bedeutung der Kraft-Wärme-Kopplung aus der Sicht
der Zuckerindustrie*
- PETER SALJE: (Universität Hannover)
*Leitprinzipien einer zukünftigen Förderung der Kraft-Wär-
me-Kopplung*
- WOLFGANG PFAFFENBERGER: (Universität Oldenburg/Bremer Energieinstitut)
Kraft-Wärme-Kopplung im liberalisierten Energiemarkt
- JENS-PETER SCHNEIDER: (Universität Osnabrück)
*Technische Innovation, wirtschaftliche Dynamik und recht-
liche Flexibilität – Zur Notwendigkeit einer innovations-
offenen Klimaschutzregulierung*
- REINHARD LEITHNER: (TU Braunschweig)
*Technische Möglichkeiten und Grenzen der Kraft-Wärme-
Kopplung*
- JÖRK KNEPLER: (Avacon AG)
*Die zukünftige Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung aus Sicht
eines Regionalanbieters*

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Im Jahre 1943 führten die Initiativen einiger Professoren der Braunschweiger Technischen Hochschule Carolus Wilhelmina zur Errichtung der „Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“. Sie wurde nach Genehmigung der vorgelegten Satzung durch den damals zuständigen Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung am 9. Dezember 1943 in einer feierlichen Sitzung konstituiert. Das zu diesem Anlaß von dem ersten Vorsitzenden des Senats der neuen Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, erstattete Referat gibt Auskunft über die Motive dieser Gründung. Maßgebend war der Wunsch nach Überwindung eines allzu engen wissenschaftlichen Spezialistentums und einer einseitigen Orientierung der Forschung auf rasche Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Dies wird in der ersten Satzung der Gesellschaft deutlich. In deren § 1 bestimmt sie: „insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen“. Organisatorisch war die Neugründung als selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium, Senat, Fachbereiche) angelegt. Der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig war jedoch ex officio zum Präsidenten der Gesellschaft bestimmt, was hauptsächlich auf eine administrative Vereinfachung abzielte.

Bis Ende 1944 wurde die Gesellschaft durch Berufung von Mitgliedern aus verschiedenen Fachgebieten personell ausgebaut. Besondere Aktivitäten konnte sie in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand auch nach dem Kriege unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort. Jedoch wurden Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde. Sie war im Kern durch Selbstergänzung und begrenzte Platzzahl der Mitglieder sowie durch Gliederung in Fachbereiche bereits vorhanden.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen – seit 1950 Klassen – wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt. Initiiert von Prof. Dr. phil. Eduard Justi erschien 1949 der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Im gleichen Jahre verlieh die Gesellschaft erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille. 1953 erhielt die Gesellschaft schließlich den Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts. Mit dem Errichtungserlaß des Niedersächsischen Landesministeriums wurde ihr zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich Teile der ehemaligen Satzung erhalten geblieben waren. 1971 erhielt die Gesellschaft eine in einigen Bereichen veränderte und schließlich 1993 ihre heute gültige Satzung, die sie im Geiste einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt auszufüllen bestrebt ist. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt. Zur Durchführung langfristiger Forschungsvorhaben hat die BWG eine

Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, eine Kommission für Umwelt und Technik und eine Kommission für Recht und Technik eingesetzt. Von den jährlich erscheinenden „Abhandlungen“ sind bisher 50 Bände und in der Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte 7 Bände publiziert worden. Initiiert von Prof. Dr. techn. Karl Heinrich Olsen, veröffentlicht die BWG seit 1983 Jahrbücher, die insbesondere über Vortragsveranstaltungen, Kommissionstätigkeiten und Personalien berichten.

Die Organe der BWG 1943 – 2001

Konstituierende Sitzung:	30.11.1943	
Eröffnungssitzung:	09.12.1943	[siehe Abhandlungen der BWG 21 (1969), 8]
Erste Satzung:	1944	[siehe Abhandlungen der BWG 1 (1949), 169]
Zweite Satzung:	1953	[siehe Abhandlungen der BWG 5 (1953), 212]
Dritte Satzung:	1971	[siehe Abhandlungen der BWG 22 (1970), 291]
Vierte Satzung:	1993	[hier abgedruckt S. 14 ff.]

PRÄSIDENTEN

1943-45: Fritz Gerstenberg; 1946-48: Gustav Gassner; 1949-50: Hans Herloff Inhoffen; 1951-53: Eduard Justi; 1954-56: Leo Pungs; 1957-59: Max Kohler; 1960-62: Hans Kroepelin; 1963-66: Paul Koeßler; 1967-70: Hermann Blenk; 1971-77: Karl Gerke; 1978-80: Herbert Wilhelm; 1981-86: Karl Heinrich Olsen; 1987-92: Gerhard Oberbeck; 1993-95: Werner Leonhard; 1996-1999: Norbert Kamp; seit 2000: Joachim Klein

GENERALSEKRETÄRE

1943-45: Ernst August Roloff; 1946-48: Wilhelm Gehlhoff; 1949-50: Eduard Justi; 1951-53: Hermann Schlichting; 1954-1959: Hans Herloff Inhoffen; 1960-61: Hellmut Bodemüller; 1962-64: Hans Joachim Bogen; 1965-69: Hermann Schaefer; 1970-71: Karl Gerke; 1972-73: Arnold Beuermann; 1974-80: Karl Heinrich Olsen; 1981-82: Ulrich Wannagat; 1983-85: Hans Joachim Kanold; 1986-88: Egon Richter; 1989-91: Harmen Thies; 1992-94: Ulrich Wannagat; 1995-97: Helmut Braß; 1998-2000: Elmar Steck; seit 2001: Claus-Artur Scheier

VORSITZENDE DER KLASSEN

BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN

Mathematik und Naturwissenschaften

1943-47: G. Cario; 1948-50: P. Dorn; 1951-53: H.H. Inhoffen; 1954-57: P. Dorn; 1958-60: H. Kroepelin; 1961: H. Poser; 1962-64: H. Hartmann; 1965-66: H. Schumann; 1967-72: M. Grützmaker; 1973-76: U. Wannagat; 1977-80: H.R. Müller; 1981-84: E. Richter; 1985-89: O. Rosenbach; 1990-91: St. Schottlaender; 1992-94: H.J. Kowalsky; 1995-97: H. Tietz; 1998-1999: K. Schügerl; 2000: G. Müller; seit 2001: J. Heidberg

Ingenieurwissenschaften

1943-48: E. Marx; 1949-53: L. Pungs ; 1954-56 : O. Flachsbart; 1957-60: W. Hofmann; 1961-64: H. Hausen; 165-70: G. Wassermann; 1971-77: H.W. Hennicke; 1978-79: Th. Rummel; 1980-83: M. Mitschke; 1984-93:R. Jeschar; 1994-96: H.-G. Unger; 1997-2000: E. Stein; seit 2001: M. Lindmayer

Bauwissenschaften

1943-48: Julius Petersen; 1949-53: Th. Kristen; 1954-62: F. Zimmermann; 1963-67: A. Pflüger; 1968-69: J. Göderitz; 1970-73: W. Wortmann; 1974: K.H. Olsen; 1975-78: H. Duddeck; 1979-83: W. Höpcke; 1984-93: J. Herrenberger; (seit 1994: vereinigt mit der Klasse für Ingenieurwissenschaften)

Geisteswissenschaften

1943-48: W. Jesse; 1949-53: W. Gehlhoff; 1954-57 (Obmann): W. Jesse; 1958-61 (Obmann): H. Glockner; 1962-68 (Obmann): H. Heffter; 1969-78: A. Beuermann; 1979-87: M. Gosebruch; 1988-89: H. Boeder; 1990-91: G. Maurach; 1992-1998: C.-A. Scheier; 1999: G. Maurach; 2000: C.-A. Scheier; seit 2001: H.-J. Behr

Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

(In Kraft seit 6.4.1993)

§ 1

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

§ 2

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

§ 3

Die Gesellschaft hat drei Klassen:

die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
die Klasse für Geisteswissenschaften.

§ 4

(1) Die Gesellschaft besteht aus ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern.

(2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeiten verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der ordentlichen Mitglieder, welche das 70. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, beträgt:

30 für die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
40 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
30 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

(3) Zu korrespondierenden Mitgliedern können, ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz, verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muß angenommen werden, daß sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vorschlag ihrer

Klasse kann durch den Verwaltungsausschuß die Mitgliedschaft in die eines korrespondierenden Mitglieds umgewandelt werden.

§ 5

(1) Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(2) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten verzichtet werden.

(3) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

§ 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste, die von einem ordentlichen Mitglied eingeführt sind, einladen.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

§ 7

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“ sowie ein „Jahrbuch“ heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

§ 8

Die Gesellschaft kann darüber hinaus eigene Forschungsarbeiten durchführen, Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder oder Dritter unterstützen, wissenschaftliche Stellungnahmen abgeben und wissenschaftliche Tagungen, Symposien sowie Vorträge veranstalten. Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft auch öffentliche Vorträge. Ferner kann die Gesellschaft wissenschaftliche Schriften und Berichte herausgeben oder ihre Herausgabe unterstützen.

§ 9

Die Gesellschaft verleiht, in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April, die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille“. Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gauß-Medaille.

§ 10

(1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten. Er beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme, führt

den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Klassenvorsitzenden.

(2) Der Präsident wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Stellvertretung des Präsidenten übernimmt als Vizepräsident der turnusmäßig älteste Klassenvorsitzende.

§ 11

(1) Die Leitung der Klassen obliegt den Klassenvorsitzenden; § 10 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(2) Die ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung den Klassenvorsitzenden so, daß jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Klassenvorsitzenden betrauen mit ihrer Vertretung von Fall zu Fall ein ordentliches Mitglied der Klasse.

§ 12

(1) Dem Generalsekretär obliegen die Geschäftsführung, die Veranstaltung öffentlicher Vorträge und die Herausgabe von Veröffentlichungen der Gesellschaft.

(2) Der Generalsekretär muß seinen Wohnsitz in Braunschweig oder im näheren Umkreis von Braunschweig haben. Er wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer. In dem Jahr, in dem der Präsident neu gewählt wird, soll ein Wechsel im Amt des Generalsekretärs nicht stattfinden.

§ 13

Der Präsident, die Klassenvorsitzenden und der Generalsekretär bilden den Verwaltungsausschuß. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlußfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident kann zur Beratung des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt, hinzuziehen.

§ 14

(1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.

(2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.

(3) Die Gesellschaft hat nach Ende eines jeden Haushaltsjahres eine Rechnung aufzustellen. Die Rechnung ist, unbeschadet einer Prüfung durch den LRH nach § 111 LHO, durch die bei der Bezirksregierung Braunschweig eingerichtete Vorprüfungsstelle zu prüfen. Die Prüfung soll sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungslegung sowie auf die wirtschaftliche und satzungsgemäße Verwendung der Mittel erstrecken.

Das Plenum beschließt ferner über die Entlastung des Verwaltungsausschusses. Die Entlastung bedarf der Genehmigung des MWK und des MF.

§ 15

Das Plenum beschließt ferner über die Geschäftsordnung, Druckschriftenordnung, Bestimmungen über die Verleihung der Gauß-Medaille und über Änderungen dieser Satzung.

§ 16

(1) Zu Wahlen und Beschlußfassungen gemäß § 14 Abs. 1 und 3 und § 15 muß mindestens die Hälfte der Anzahl der ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.

(2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs der erste Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findet sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die absolute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmgleichheit entscheidet das Los.

(3) Bei den übrigen Beschlußfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.

(4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

§ 17

(1) Die Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs bedarf der Bestätigung durch die LReg.

(2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die LReg.

(3) Das Ergebnis der Wahlen der ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluß eines Mitglieds und der Verzicht eines Mitglieds auf die Mitgliedschaft sind der LReg. anzuzeigen.

Übergangsbestimmungen

Die Satzung tritt mit dem Tag der Genehmigung in Kraft. Befristet auf fünf Jahre nach dem Inkrafttreten der Satzung können der Klasse für Ingenieurwissenschaften bis zu 45 ordentliche Mitglieder unter 70 Jahren angehören, wobei die Höchstzahl aller ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft auf 100 begrenzt bleibt.

PLENARVERSAMMLUNGEN

UDO PEIL, Wolfenbüttel

Bauwerksüberwachung – Notwendigkeit, Probleme und Möglichkeiten: der SFB 477

Braunschweig, 09.03.2001*

1. Notwendigkeit

Alle Zeichen deuten auf eine nachhaltige Strukturveränderung des Bauwesens hin. Mit überdurchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten entwickelt sich die Bauerneuerung zum Motor der Bauwirtschaft. Auslöser dafür sind Alterung bestehender Bauwerke, Nutzungsänderung und die wandelnden Ansprüche an den Standard. Bei einem Gesamtwert der bestehenden Bausubstanz von ca. 10 bis 20 Billionen DM ergeben sich bei angenommenen Lebensdauern zwischen 50 bis 100 Jahren riesige Summen für die Unterhaltungs- und Sanierungskosten. Bild 1 zeigt die erwartete Umlagerung der Investitionen von Neubau auf Erneuerungs- und Erhaltungsinvestitionen. Man erkennt, daß bereits in näherer Zukunft die Erneuerungsinvestitionen die Neubauinvestitionen übertreffen werden. Der Erneuerungsbedarf stellt eine schwere Hypothek für die Zukunft dar. Die Lösung dieses Problems ist eine wichtige Aufgabe für die Forschung und auch für die Bauwirtschaft insgesamt. Von der Planung bis zur Ausführung sind Strategien zu entwickeln, damit die zur Verfügung stehenden, beschränkten Mittel verantwortungsbewußt eingesetzt werden.

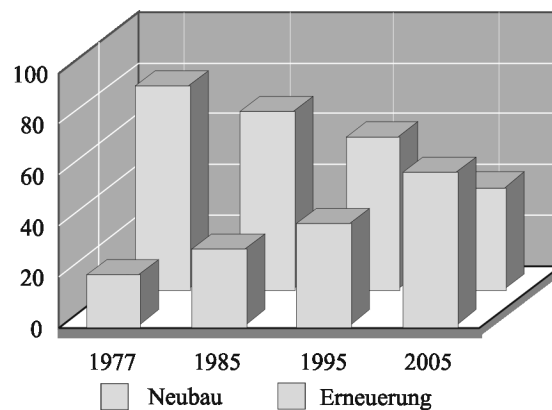


Bild 1: Entwicklung der Bauinvestitionen

* Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Eine einfache Möglichkeit, beschränkte Mittel gezielt einzusetzen, besteht in einer geeigneten Überwachung von Bauwerken (Bauwerksüberwachung = BÜ). Durch die BÜ kann die verbleibende Nutzungsdauer sehr viel genauer vorhergesagt werden, so daß Re-Investitionen besser planbar sind. Bei dem großen vorhandenen Bauwerksbestand werden bei Verlängerung der Nutzungsdauer durch geeignete BÜ erhebliche Kosten eingespart werden.

Die Entwicklung der Unterhaltungskosten hängt wesentlich vom der Art der Überwachung und der daraus abgeleiteten Maßnahmen ab. Drei (vereinfachte) Szenarios sollen dies verdeutlichen:

- A) Man unterhält das Bauwerk nicht, hat deshalb auch keine Kosten. Der Widerstand des Bauwerks nimmt langsam ab und wird plötzlich durch den Eintritt eines Schadens, d.h. eines Ereignisses, das die Nutzung drastisch einschränkt oder verbietet, auf einen deutlich kleineren Wert oder sogar auf Null abfallen. Die Wiederherstellung ist teuer.
- B) Man unterhält das Bauwerk, hat also etwa konstante Kosten je Zeiteinheit, die Gesamtkosten nehmen also etwa linear zu. Man sorgt dafür, daß der Widerstand – soweit erkennbar – nicht abnimmt. Auch hier kann er – wenn die Schwachstelle nicht erkannt wurde – plötzlich auf einen deutlich kleineren Wert oder auf Null abfallen. Die Wiederherstellung ist teuer.
- C) Man überwacht die relevanten Schwachstellen und wartet das Bauwerk, hat also höhere Kosten, da die Überwachung zusätzliche Mittel erfordert, hat aber keine gravierende Reduktion des Widerstandes hinzunehmen.

Bei neuen Bauwerken muß die BÜ – im Sinne eines ganzheitlichen Qualitätssicherungskonzeptes – durchgreifend bereits in die Planung integriert werden. Als Beispiel für diese neue Denkweise wird bei den neuerbauten Werratalbrücken für die Autobahn A7 die Luftfeuchtigkeit im Inneren des Hohlkastens ständig überwacht. Bei steigender Luftfeuchtigkeit wird eine Trocknungsanlage aktiviert. Diese Lösung ist wesentlich billiger als ein aufwendiger innerer Korrosionsschutz der Hohlkästen.

Hinzu kommt, dass bei geeigneter BÜ die Instandsetzungs- und Re-Investitionskosten wesentlich besser planbar sind. Insbesondere für die öffentlichen Haushalte ist die Entwicklung und Verbesserung von Methoden zur Voraussage des künftig zu erwartenden Haushaltsmittelbedarfs für die Erhaltung des vorhandenen Baubestandes eine äußerst wichtige Maßnahme, wie dem Zweiten Bericht über Schäden an Bauwerken der Bundesverkehrswege zu entnehmen ist [2]. Hierzu zählen z.B. Entwicklungen von Methoden zur hinreichend genauen Vorhersage der Restnutzungsdauer von Bauwerken. Der Bericht verdeutlicht *“die große Bedeutung der Erhaltung der Bundesverkehrswege zur Verminderung von Schäden für die Wirtschaft und die Bürger des Landes. Die Vernachlässigung dieser wichtigen Aufgabe kann zu schweren Störungen im Verkehrsablauf, Beeinträchtigung der Wirtschaft, zu Nachteilen für den Wirtschaftsstandort Deutschland und zu erheblichen finanziellen Belastungen des Bundes führen. Diese Aufgabe wird durch die Entwicklung des Verkehrs, des Alters des Anlagenbestandes und der Umweltbelastung künftig immer mehr an Bedeutung gewinnen”*. Ähnliche Aussagen gelten nicht nur für die zitierten Bundesverkehrswege, sondern für alle anderen baulichen Anlagen gleichermaßen.

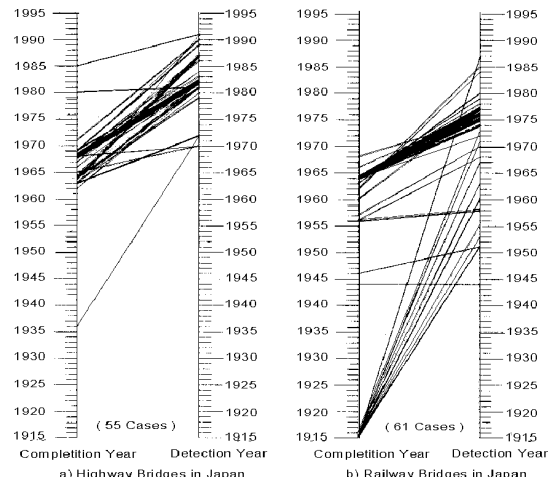


Bild 2: Schadensentwicklung

Daneben dient die BÜ der Reduzierung von Schadenspotentialen. Ansteigende Schadensraten bei Bauwerken erfordern aus Gründen der öffentlichen Sicherheit eine gezielte Bauwerksüberwachung, bzw. eine Intensivierung ggf. bereits vorgenommener Überwachung. Bild 2 zeigt symptomatisch die Entwicklung der Qualität von Bauwerken über die letzten 100 Jahre an einem Beispiel aus Japan [1], das aber sicher auch die Tendenz in anderen Ländern widerspiegelt. Im Bild wird ein Vergleich zwischen Baujahr und Schadensjahr von Brücken vorgenommen. Links im Bild sind die Verhältnisse bei Straßenbrücken, rechts bei Eisenbahnbrücken dargestellt. Die Strahlen beginnen links mit dem Baujahr und enden rechts mit dem Schadensjahr. Man erkennt, daß alte Brücken offenbar wesentlich solider gebaut wurden als Brücken aus unserer Zeit, bei denen bereits wenige Jahre nach der Erstellung die ersten Schäden auftreten.

Mögliche Ursachen der Schäden sind:

- Anwachsen oder Veränderung der Einwirkungen
- Höhere Ausnutzung des Widerstandes
- Mangelnde Sorgfalt bei der Herstellung
- Mangelnde Sorgfalt bei der BÜ
- Erprobung nicht genügend erforschter Bauweisen.

Eine Überwachung ist also aus Gründen der Sicherheit und auch der Qualitätssicherung dringend erforderlich. Neben der oben bereits kurz dargestellten, wirtschaftlichen Begründung der Bauwerksüberwachung, d.h. der Kostenersparnisse, ergeben sich bei Einsatz einer BÜ, wie sie hier angestrebt wird, eine Reihe weiterer Vorteile:

- Einfache Bestimmung der Bauwerkssicherheit bei Nutzungsänderungen oder Anpassung an geänderte Verhältnisse oder Randbedingungen.

- Die bisher übliche visuelle Inspektion führt dazu, daß häufig Schwachstellen nicht entdeckt werden. Eine BÜ im hier vorgeschlagenen Rahmen führt zu einer Objektivierung der ansonsten subjektiven visuellen Inspektion.
- Der Einsatz innovativer Bauweisen und Baustoffe, bisher nur mit großem Aufwand durchsetzbar, wird mit Hilfe einer geeigneten Bauwerksüberwachung erleichtert.
- Als Nebeneffekt wird die Qualität der üblichen Modellbildung verbessert, da durch das Monitoring genaue Daten über das Bauwerksverhalten über der Zeit vorliegen.

2. Ziele

Ziel der Forschungsaktivitäten des SFB 477 ist es, Methoden und Strategien zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit und der Tragsicherheit von Bauwerken – im folgenden zusammenfassend als Nutzungsfähigkeit bezeichnet – mit Hilfe einer integrierten Bauwerksüberwachung zu entwickeln. Die hierbei angestrebten Zwischenziele (die nicht alle in der nächsten Förderperiode angegangen werden können) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken durch Erkennung plötzlicher Widerstandsverluste mit Hilfe der BÜ (Messung, Auswertung, Beurteilung) und daraufhin eingeleitete Sanierungen.
- Realistische Prognose des künftigen Bauwerksverhaltens durch adaptive Modelle, d.h. durch Modelle, die mit Hilfe der Messgrößen an den jeweiligen Bauwerkszustand angepaßt werden.
- Planung, Optimierung und Bewertung von Überwachungsmaßnahmen im Hinblick auf maximale Effizienz und Aussagesicherheit
- Konzeptionierung von BÜ als Instrument zur Planung und Optimierung von Überwachungs-, Beobachtungs- und von Instandhaltungsmaßnahmen
- Konzeptionierung der BÜ als Baustein eines ganzheitlichen QS-Systems für Bauwerke
- Entwicklung, Adaptierung von Sensoren für spezielle Zwecke der BÜ
- Entwicklung von effizienten Methoden zur Minimierung der Gesamtkosten des Bauwerkes (volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich) durch integrierte BÜ.

3. Vorgehensweise

Die grundsätzliche Vorgehensweise läßt sich wie folgt schematisieren. Bild 3 zeigt eine Grobübersicht. Die Schematisierung ist bewußt einfach gehalten, um das Wesentliche deutlich zu machen. Die Hauptpunkte werden im folgenden kurz kommentiert.

- a) Schadensdefinition und Schadenssymptome: Zunächst müssen die zu erwartende Schädigung und deren Symptome in Abhängigkeit der Anforderungen an das Bauwerk (Nutzung, Gefahrenpotential, d.h. des zu erwartenden Folgeschadens etc.) definiert werden. Schadenssymptome sind z.B. Anrißgrößen, Verformungen, anwachsende Dehnungen, chemische Grenzwerte, Durchfeuchtung oder andere Grenzzustände. Die jeweiligen Grenzzustände sind zu definieren.

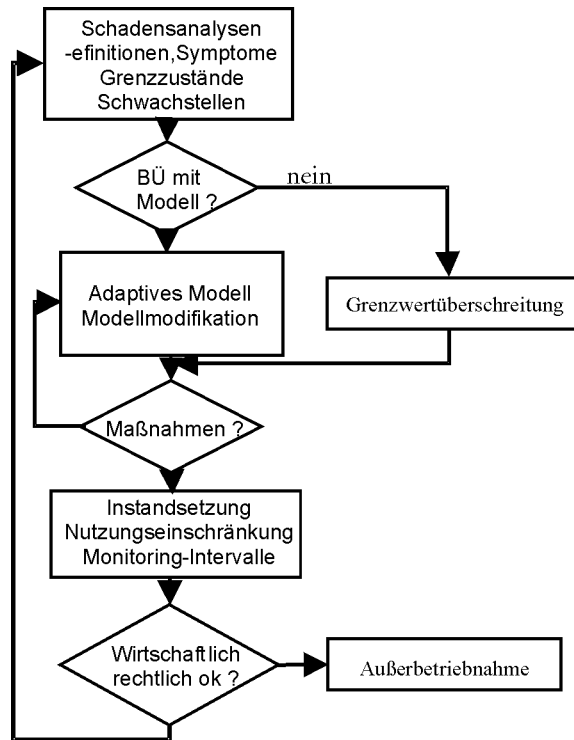


Bild 3: Grundsätzliche Vorgehensweise

- b) So unterschiedlich die Überwachungsaufgaben bei unterschiedlichen Bauwerken und Bauweisen auch sein mögen – eine ist allen gemeinsam: Es müssen die Schwachstellen des Bauwerkes identifiziert werden. Dies sind die Orte innerhalb eines Bauwerkes, die in Bezug auf das Eintreten von Schäden besonders anfällig sind und / oder bei denen Schäden nicht tolerierbare Folgen nach sich ziehen. Bei der Schwachstellenidentifizierung wird zweigleisig vorgegangen. Auf der einen Seite werden die deterministischen Verfahren zugescharft, dies sind insbesondere Verbesserungen der (klassischen) Modelle zur Beschreibung und Prognose des jeweiligen Schadens. Derartige deterministische Vorgehensweisen sind dann einfach anwendbar, wenn – bauwerksbedingt – die Schwachstellen hinreichend einfach festzulegen sind. Dies wird häufig bei älteren Bauwerken der Fall sein, bei denen das Sicherheitsniveau innerhalb des Bauwerkes stark schwankt. Bei neu errichteten Bauwerken ist das Sicherheitsniveau, bedingt durch die trag-lastorientierte Bemessung aller Bauelemente, i.a. vereinheitlicht. Eine eindeutige Schwachstelle existiert dann häufig nicht mehr, der Ort einer Schwachstelle kann sich, z.B. bedingt durch Streuungen im Werkstoff, weit von der rechnerisch ermittelten Schwach-

stelle entfernen. Es liegt auf der Hand, daß eine derartige Situation nur mit Hilfe zuverlässigkeitsorientierter Vorgehensweisen behandelt werden kann. Hierbei sind dann z.B. unterschiedliche Versagenspfade, die zu unterschiedlichen Grenzzuständen führen, zu untersuchen, wobei die statistischen Streuungen der jeweiligen Einflußgrößen zu berücksichtigen sind. Die Schwachstelle wird dann anhand der dominierenden Beiträge zur Versagenswahrscheinlichkeit des Bauwerkes identifiziert.

- c) Hieran schließt sich die Wahl der Überwachungs-strategie an. Diese kann *prognostisch* sein, hierbei werden adaptive Modelle benötigt, die sich an den jeweiligen Bauwerkszustand anpassen (der linke Ast des Flußdiagramms (Bild 4) stellt die Vorgehensweise dar), oder

schwellwertüberwachend sein, hierbei werden durch kontinuierliches Monitoring Schwellwerte (z.B. Grenzdehnung, Riß am Zuggurt) überwacht, ohne daß ein Modell benötigt wird. Diese Vorgehensweise könnte z.B. bei älteren Bauwerken gewählt werden, wenn über die Vergangenheit zu wenig bekannt ist, so daß Modelle wegen der unbekannten Anfangsbedingungen zu unsicher wären.

- d) Adaptive Modelle

Wie bereits bemerkt, passen sich die adaptiven Modelle mit Hilfe der durch die BÜ gemessenen Parameter stetig oder diskret an die jeweils neue Bauwerkssituation an. Die adaptiven Modelle sind deshalb grundsätzlich anders aufgebaut als die üblichen Prognosemodelle, die stets von einem Anfangszeitpunkt über einen relativ langen Zeitraum eine Aussage liefern sollen und die deshalb vergleichsweise komplex sein müssen (vgl. z.B. Werkstoffmodelle für zyklische Beanspruchung mit einer großen Zahl innerer Variablen). Adaptive Modelle müssen sich stetig an den neuen Zustand anpassen und werden deshalb wesentlich zuverlässiger sein als die herkömmlichen Prognosemodelle. Wesentliche Voraussetzung für die adaptiven Modelle ist jedoch, daß die Eingangsparameter der Modelle reale, d.h. möglichst einfach meßbare physikalische, chemische, biochemische Größen sind.

- e) Auswahl der Messtechnik

Die Adaptierung und Anpassung unterschiedlichster Meßtechniken stellt ein wichtiges Teilgebiet im SFB dar, weil ohne hinreichend sichere Meßwerte eine BÜ nicht denkbar ist. In Abhängigkeit der zu lösenden Aufgaben wird Meßtechnik für physikalische, mechanische und chemische Anwendungen eingesetzt. Die für eine BÜ einzusetzende Meßtechnik muß den Bedingungen des langzeitlichen, sicheren Einsatzes an Bauwerken genügen (in-situ-Messungen). Da ein großer Teil der üblichen Labormesstechnik diesen Bedingungen nicht genügt, muß die Meßtechnik an die speziellen Bedingungen angepaßt werden. Daneben wird die Entwicklung neuer Meßtechnik erforderlich. Darüber hinaus muß die gesamte eingesetzte Meßtechnik robust sein, sie muß darüber hinaus redundant angelegt werden, da in vielen Fällen ein Ersatz bei Ausfall von Meßtechnik nicht zu realisieren ist. Bei der Datenübertragung wird, falls erforderlich, Funkfernübertragung (digitales Funktelefonnetz) eingesetzt. Über einige entwickelte Sensoren wird im Rahmen dieser Schrift berichtet.

- f) Maßnahmenentscheidung

In der Folge wird eine Entscheidung über anzuwendende Maßnahmen notwendig:

- Wartungen, Instandsetzungen
- Nutzungseinschränkungen oder -ausweitungen
- Verkürzung der Inspektionsintervalle, d.h. Intensivierung der BÜ, bzw.
- Außerbetriebnahme des Bauwerkes sein.

Alle diese Aspekte werden in starkem Maße von Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten gesteuert. Hierzu müssen Modelle zur raschen Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Folgekosten entwickelt werden.

Da die prognostizierte Lebensdauer realer Bauwerke relativ groß ist (größer als die Laufzeit eines SFB!), ergeben sich Probleme bei der Validierung der entwickelten Verfahren, d.h. die Schadensprognose läßt sich am realen Bauwerk nicht unmittelbar bestätigen. Unabhängig hiervon ist man bei der Messung an einem realen Bauwerk beschränkt auf die dort vorliegende zufällige Situation. Aus diesem Grunde sind neben Messungen an realen Bauwerken schwerpunktmäßig zunächst Untersuchungen an Bauwerken im Labor (sog. Ersatz-Bauwerke) vorgesehen, an denen ohne große Mühe alle wesentlichen Parameter eingestellt und variiert werden können. Hierdurch wird die Validierung der Verfahren auch bei großer Parametervielfalt sichergestellt. Parallel dazu werden an ausgewählten, realen Bauwerken Überwachungseinrichtungen installiert, um unter Nicht-Laborbedingungen Meßtechnik, Auswertung und Bewertung zu testen.

Um die Methoden und Strategien, die im SFB 477 entwickelt werden, bei möglichst unterschiedlichen Bauwerken einsetzen zu können, werden neben Bauwerken des klassischen Konstruktiven Ingenieurbaus (also z.B. Hochbauten, Brücken, Tunnel, Krane, Türme, Maste) auch Deponien untersucht. Die verwendeten Verfahren und Methoden sind in beiden Bereichen weitgehend gleich, so daß durch Beschränkung auf diese beiden Bauwerkstypen eine Verbreiterung der Basis der Verfahren erzielt wird. Die Fragen, die die Geotechnik beim Bau von Deponien zu lösen hat, ähneln denen im Konstruktiven Ingenieurbau, da die auf die Gründung einwirkenden Lasten von Deponien denen von Hochhäusern entsprechen, so daß die Probleme, die von der Geotechnik zu lösen sind, in beiden Bereichen weitgehend ähnlich angewendet werden können.

4. Danksagung

Die Arbeiten im SFB 477 „Bauwerksüberwachung“ werden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG unterstützt. Hierfür sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

5. Literatur

- [1] MIKAMI, J., SAKANO, M., SHIBATA, H.: Database of damaged steel bridges. Technology Reports of Kansai-Univ. No.35 (1993) 185-196.
- [2] Zweiter Bericht über Schäden an Bauwerken der Bundesverkehrswege. Bundesministerium für Verkehr 1995.

Prof. Dr.-Ing. Udo Peil
Försterkamp 9
D-38302 Wolfenbüttel

KLAUS GAHL, Braunschweig

Über die Einheit des Menschen aus ärztlicher Sicht

Braunschweig, 06.04.2001*

Der folgende Vortrag geht zurück auf einen Beitrag zu einem Workshop „Das Hirntod-Kriterium und die Einheit der Person“ am Philosophie-Institut der Fern-Universität Hagen¹, der am 8.9.95 vor dem Hintergrund der damals intensiv auch in gesundheitspolitischen Gremien geführten Diskussion der Frage „Wann ist der Mensch tot?“ abgehalten wurde. Das Kernthema des Hirntodes wurde seinerzeit von dem Münchener Neuropsychiater Prof. Dr. med. Angstwurm vorgetragen. Mir war die Aufgabe gestellt worden, aus ärztlicher Sicht über die im unmittelbaren Umgang mit kranken Menschen erfahrbare Einheit der Person vorzutragen. Ich habe seinerzeit versucht, das an den für den Arzt handlungsleitenden Begriffen Anamnese, Diagnostik und Therapie aufzuhängen. Heute sollen diese Schritte um den der begründbaren Vorausbeurteilung, der Prognose, erweitert werden.

Es handelt sich dabei nicht um allgemeine Lehrmeinung, nicht um eine empirisch belegte, gar statistisch gesicherte Erfahrung, vielmehr um einen anthropologischen Zugang, z.T. um vorwissenschaftliche Erfahrung, die aber sehr wohl systematisierbar und vermittelbar ist. Darin sehe ich die für Medizinstudenten und Ärzte potentiell pädagogische Zielsetzung dieser Reflexion.

Die „Einheit des Menschen“ soll hier nicht aus der theoretischen Distanz einer wissenschaftlichen Disziplin („der Medizin“) dargestellt werden, vielmehr als konkret und unmittelbar erfahrbare phänomenale Einheit, derer wir im ärztlichen Umgang mit kranken Menschen alltäglich ansichtig werden *können*. Hier schon der erste Einhalt! Ihrer ansichtig werden zu *können*, impliziert doch die Möglichkeit, diese Einheit gerade nicht wahrzunehmen: sei es *konzeptionell* in eindimensionaler Sicht reduktionistisch naturwissenschaftlicher Medizin, sei es durch *organisatorische* Umstände bedingt (z. B. durch Personal-, d. h. Zeitbudgets) oder auch *institutionell* (mit fachspezifischer Funktionsverteilung) oder sei es auch, daß die Einheit des Menschen auf Seiten des Kranken absichtlich verborgen bleibt. Auf Begründungen und die Berechtigung dieser unterschiedlich motivierten oder bedingten Reduktionen oder auf den vielleicht nötigen beiderseitigen Selbstschutz absichtlicher oder unfreier Selbstverborgenheit des Kranken einzugehen, würde hier zu weit führen. Wünschenswert bleibt es, die Reduktion jeweils als solche zu sehen und den Stachel des Unvollständigen, des Desiderates zu spüren.

* Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

¹ Workshop „Das Hirntodkriterium und die Frage der Einheit der Person“ des Philosophie-Institutes der Fern-Universität Hagen am 08.09.1995; Leitung Prof. Dr. J. P. Beckmann, später in Zschr Ethik in der Medizin (1999): 11: 2-11

„Einheit des Menschen“ aus ärztlicher Sicht ist dargestellt worden in verschiedenen Modellen, die den cartesianischen Dualismus psycho-physisch parallelistisch oder psychosomatisch oder mit dem bio-psycho-sozialen Modell von Thure von Uexküll² zu überbrücken versuchen. Derartige Modelle werden jedoch innerhalb der Medizin weithin wohl als für funktionelle oder sog. psychosomatische Erkrankungen relevant angesehen, nicht aber für die alltägliche Begegnung mit kranken Menschen jedweder medizinischen Fachrichtung. Der folgende Beitrag will dagegen Aspekte der Einheit des Menschen aufspüren in den genannten ärztlichen Handlungsschritten, wie sie – wenngleich in unterschiedlicher fachgebotener Spezifizierung – prinzipiell in allen klinischen Disziplinen ähnlich praktiziert werden. Meine Überlegungen gehen von der unmittelbaren Wahrnehmung des kranken Menschen in seiner Leibgestalt aus, verfolgen seine Kranken- und Krankheitsgeschichte als Stück einer Biographie und führen zur Sinnfrage der Therapie und den Entwurf auf Zukunft hin.

A) Erfahrung der Einheit des Menschen in der Diagnostik:

Die wohl häufigste Primärsituation einer Arzt-Patient-Beziehung ist die, daß ein Kranker, ein infolge eines Leidens medizinischer Hilfe bedürftiger Mensch sich an einen Arzt wendet. Gemeinsam wird das aktuelle Beschwerdebild eruiert, erstellt, konstruiert: körperliche Mißempfindungen wie Schmerzen, Bewegungsbehinderungen, Leistungsminderung, Schwindel, Gewichtsverlust, Störungen vegetativer Funktionen etc. werden erfragt bzw. geschildert. Es folgt die sogenannte körperliche Untersuchung, ergänzt um medizinisch-technische Diagnostik. So der übliche Einstieg in die Untersuchung.

Wie wird hier „Einheit des Menschen“ für den Arzt sichtbar?

Der Kranke *leidet* mehr oder weniger unter körperlichen Beschwerden, er erlebt und erleidet sie und sich selbst konkret, sei es als eine Verletzung, vielleicht als unbestimmtes Mißbefinden, als eine Organschädigung oder eine Störung des Gesamtorganismus. *Erleben, Befinden, Leiden* sind ja nicht allein körperliche Phänomene, auch wenn der Kranke sie überwiegend in der Sprache der Körperlichkeit formuliert. Sie sind ebenso wenig rein seelische Phänomene. Das *Sich-Befinden*, das reflexive Verhältnis des Kranken, des Leidenden zu sich selbst, weist schließlich darauf hin, daß es hier nicht um rein objektivierbare Körperlichkeit geht. Vielmehr ist es unsere *Leiblichkeit*, die sich vordergründig „rein somatisch“ zeigt, in der aber Empfindung, Selbstwahrnehmung, Ausdruck und Handlung zum Vorschein kommen.

Vier „Stufen“ oder Dimensionen der Leiblichkeit – keineswegs gegeneinander abgrenzbar und auch nicht in hierarchischer Ordnung zueinander – sollen hervorgehoben werden:

- 1) die Stufe der *Spontaneität*, wie sie sich in Eigensteuerung, Haltung, ungerichteter Bewegung, in Gestik und Mimik zeigt. Schon auf dieser „Stufe“ tritt der Leib aus der

² Thure von Uexküll & Wolfgang Wesiack (1988): Theorie der Humanmedizin - Grundlagen ärztlichen Denkens und Handelns. München - Wien - Baltimore, Verlag Urban & Schwarzenberg

Isolation, aus der Vereinzelung heraus auf Beziehung hin. Mit der inneren, der nicht mentalen Selbstwahrnehmung (Propriozeptivität) und der Reagibilität biologischer Anpassung an innere (z.B. Gleichgewichtsauslenkungen, Belastungen des Bewegungsapparates etc.) oder äußere Signale wird ein Zusammenspiel zwischen Leib und Umwelt deutlich.

Auf dieser Stufe bereits drückt sich Krankheit nicht allein als Körperphänomen sondern auch Kranksein, Leiden als persönlich erlebte und gestaltete Veränderung aus, – wahrnehmbar für uns alle in unmittelbarer Anschauung, z. B. in der Leidensmiene oder -haltung; für den Arzt unter Umständen speziell interpretierbar auf eine bestimmte, definierbare Krankheit mit ihrer charakteristischen Leibgestalt hin: seien es so unterschiedliche Erkrankungen wie eine den Körper stark verändernde Polyarthrit oder eine Depression.

- 2) die Stufe der *Reflexivität*, des Sich-Erlebens, Sich-Empfindens, des Sich-Wohl- oder Mißbefindens. So wird der Mensch z. B. im Schmerz sich seiner selbst inne, nicht als rationale Selbstvergewisserung im „cogito - ergo...“, sondern eher wie der Träumer, der Erwachende, der sich sozusagen der „Realität“, seines Wachseins vergewissert, indem er sich selbst kneift. Es ist die Erfahrung der „selbst-referentiellen Eigenständigkeit“ (P. Christian³), die durch die Leiblichkeit ermöglicht wird und durch sie erlebt werden kann.

Auf dieser Stufe erleben wir Leibgefühle wie Hunger und Durst, Müdigkeit, Anspannung, Erschöpfung, Schwindel, die Ekstase leiblicher Hingabe. Diese Leibgefühle sind ja alle nicht „rein somatisch“, objektivierbar, körperlich erklärbar, schon gar nicht darauf reduzierbar. Ebenso wenig das Sich-Krank-Fühlen, das der leiblichen Selbstvermittlung bedarf. Sie sind allesamt, auch das Sich-krank-Fühlen individuell und situativ beeinflusste Leibgefühle, *aktiv gestaltete* Leibgefühle. Der Kranke ist darin (auch) Subjekt, Akteur seines Krankseins.

Wie das Mißempfinden leiblich spürbar wird, so kann sich andererseits Kranksein auch darin äußern, daß die Möglichkeit reflexiven Sich-Empfindens gerade verlorengeht bis hin zu passageren oder länger anhaltenden oder gar permanenten Entfremdungsgefühlen oder zur sensorischen und emotionalen, ja sogar kognitiven Beziehungsleere zum eigenen Körper oder der Depersonalisation⁴ in der Depression. Die dem Begriff der Depersonalisation implizite Verankerung der Personalität in der Fähigkeit, sich seiner selbst in der eigenen Leiblichkeit zu vergewissern, sei hier nur angedeutet. Sie scheint mir aber für das Thema der „Einheit des Menschen“ zentral. Auch nach Schock oder Narkose, ja nach kurzer Bewußtlosigkeit z.B. durch eine Gehirnerschütterung kann das Gefühl für den eigenen Leib vorübergehend gestört sein. Derartige Störungen

³ Paul Christian (1989): Anthropologische Medizin. Berlin - Göttingen - Heidelberg - New York, Springer-Verlag, p 295

⁴ Viktor Emil von Gebsattel (1954): Zur Frage der Depersonalisation. In: ders.: Prolegomena einer medizinischen Anthropologie. Berlin - Göttingen - Heidelberg New York, Springer-Verlag, pp 18 - 46

gen können partiell und hinsichtlich unterschiedlicher Funktionen (z.B. Sensibilität und Motorik) dissoziiert auftreten und über unterschiedlich lange Zeit anhalten.

– Zitat eines 93jährigen Mannes: er habe sich nach einer Abdomen-Computertomografie „erholen“ müssen, da *in* der und *durch* die Untersuchung „Körper und Geist getrennt worden“ seien.

– Meisterhaft und spannend geschildert von Oliver Sacks⁷ in seinem Bericht über die Folgen eines eigenen Bergunfalls: „Der Tag, an dem mein Bein fortging.“

In milderer Form läßt sich auch bei gesunden Menschen häufig eine merkwürdige Dissoziation oder Abtrennung leiblicher Selbstempfindungsfähigkeit beobachten.

- 3) Leiblichkeit äußert sich auch als *Intentionalität*, auf Außenwelt, Umwelt, auf Mitwelt gerichtet. Intentionalität ist hier nicht verstanden als rationale Absicht, vielmehr als präreflexive Intentionalität leiblicher Ausrichtung: in der sinnesphysiologisch organisierten Wahrnehmungsfähigkeit (hier korrespondiert der Intentionalität die Rezeptivität: dem Auge das Licht, dem Ohr der Klang, dem Tastsinn die Berührung), in der gezielten, aber nicht nur in der bewußten Bewegung, in der antwortenden Gestik und Mimik. Die Sexualität zeigt diese intentionale Leiblichkeit besonders deutlich. Der Psychiater Viktor Emil von Gebsattel⁵ spricht in seinen „Prolegomena einer medizinischen Anthropologie“ (1954) vom Geschlechtsleib. Es ist zu betonen, daß es sich dabei um eine unter anderen möglichen Aktualisierungsformen relationaler und intentionaler Leiblichkeit auf ein Gegenüber hin handelt. Der Leib ist – mit einem Begriff von E. Husserl – „fungierende Intentionalität“.
- 4) Auf der nächsten Stufe verschmelzen Intentionalität und Reflexivität zur Beziehungsfähigkeit, zur Empathie, zur *Relationalität* und *Intersubjektivität*, indem Leiblichkeit ermöglicht, daß der Mensch *sich* (reflexiv) *als ... gerichtet auf...* fühlen kann: als Mann, als Frau, als Mitmensch, als Tochter oder Sohn, als Vater oder Mutter, als Sportler, als Arbeitspartner (ich denke an das Bild der beiden Holzsäger, die systolisch-diastolisch, muskelanspannend und entspannend, konsensuell – wie P. Christian⁶ es nennt – sich aufeinander einstellen), als Mitmensch. Es ist dies die soziale Dimension der Leiblichkeit.

Einen Begriff des Arztes und wichtigsten Förderers anthropologischer Medizin, Viktor von Weizsäcker⁷ aufnehmend und erweiternd möchte ich als weitere Stufe die der *Transjektivität* nennen, das „Sich-über-sich-hinaus-Werfen“. Weizsäcker sah im Verstehen des Gegenübers nicht zuerst einen rationalen, sondern einen ursprünglich personalen Akt: „...weil mein Verstehen gleichsam in den andern hinüberschlüpft, so wollen wir ... dieses Jemand-Verstehen ein transjektives nennen“⁸. Im Zusammen-

⁵Viktor Emil von Gebsattel (1954): Geschlechtsleib und Geschlechtstrieb. In: ders.: Prolegomena ... a.a.O. pp 314 - 329

⁶ Paul Christian (1989): Anthropologische Medizin, a.a.O.

⁷ Viktor von Weizsäcker (1926): Der Arzt und der Kranke. In: Gesammelte Schriften, Bd. 5. Frankfurt a.M. 1987, Suhrkamp-Verlag, pp 9-26

⁸ a. a. O., p 20

hang mit der leibgebundenen Intersubjektivität soll mit dem Begriff der Transjektivität jedoch nicht das rationale Verstehen, vielmehr das „Sich-Erleben auf den Anderen hin“ beschrieben werden, nicht ausschließlich auf der mentalen, gar nur der rationalen Ebene, sondern in der unmittelbaren empathischen Zuwendung, die uns manchmal geradezu wie eine Erschütterung (im Glücksgefühl) durchströmt. Es ist dies die Stufe des Sozial- oder Rollenleibes, in dem und durch den wir uns als bezogen auf...., als relational erleben. In schönster Weise in der erotisch-sexuellen Verschmelzung.

Hier sei auch – der Sexualität sehr nahe – die *Scham* genannt. Abwehr- und Selbstbewahrungsinstinkt, offenbart und verbirgt sich in ihr zugleich das reflexive Selbstempfinden: zugleich Subjekt und Objekt, auch in seiner Verletzbarkeit. Wird sie nicht wahrgenommen und in ihrer schützenden Funktion nicht geachtet, wie das m.E. auch geschieht in objektivierender Reduktion des Kranken auf seine Körperlichkeit, so wird die Einheit des Menschen gefährdet. Auf die „Spannung“ sach- und personbezogen notwendiger, schützender Beschränkung, Reduktion, sei nachdrücklich hingewiesen. Körperlichkeit ist nur in der Objektivierung von außen als „unbeseelt“ zu sehen. Von innen her, in unserem Befinden, unserem Selbsterleben, subjektiv sind und erleben wir uns leiblich. Auch das sog. rein Psychische bedarf der leiblichen Vermittlung: „Nichts Seelisches hat keinen Leib.“ (Viktor von Weizsäcker). Der bei Kranken und Sterbenden oft zu beobachtende Prozeß des krankheitsbedingten und krankhaften Schamverlustes, in dem auch die Persönlichkeit des Kranken unterzugehen scheint, darf nicht dazu verführen oder gar vermeintlich dazu berechtigen, den Kranken als Objekt, als „Körperding“ zu behandeln.

Auch diese Stufe intentionaler und relationaler Leiblichkeit ist kränkbar: im Verlust der sich selbst erlebenden Beziehungsfähigkeit, mag er mehr somatisch (z. B. die sogenannte organisch bedingte Impotenz) oder psychisch manifest werden (in der Depression). Selbst in alltäglichen Schilderungen von Kranken kann er sich äußern: z.B. in der Identitätskrise vieler Herzinfarktpatienten, im Verlust des Selbstwertgefühls (so eine Mittvierzigerin ein Jahr nach Brustamputation). Es genügt hier für ein adäquates Krankheitsverständnis meines Erachtens nicht, der naturwissenschaftlichen Kategorie von Körperlichkeit die des seelischen Erlebens, der psychischen Verarbeitung zu addieren. Es ist *das eine Kranksein*, die Einheit des Menschen, die auch in ihrer Leiblichkeit verankert, konstituiert ist, derer wir als Ärzte ansichtig werden können im alltäglichen Schritt der körperlichen Untersuchung, der Diagnostik. Es geht nicht um die Verortung der Einheit des Menschen, des Subjektes oder der Person in speziellen, kognitionsbezogenen Hirnstrukturen und nicht um Bewußtseinsakte, somit auch nicht um eine kognitivistische Reduktion der Einheit des Menschen auf mentale Hirnleistungen (z.B. aktuelle Selbstbestimmungsfähigkeit als aktualisierte Autonomie); auch nicht um ein hirnorganisch zu verortendes integratives, selbstregulatorisches Funktionsmodell. Es geht vielmehr um die Selbsterfahrung, das Selbsterlebnis als das einer Einheit im Leiblichen.

Wenn auch die skizzierten Dimensionen der Leiblichkeit in individuell unterschiedlicher und wechselnder Intensität *erlebt* werden, so sind sie doch nicht alle bewußtseins-

abhängig. Auch die Amöbe läßt – ihrer biologisch einfacheren Organisation entsprechend – in weniger entfalteter Ausprägung Aspekte von Leiblichkeit erkennen. Der menschliche Organismus ermöglicht eine intensivere, reichere Entfaltung u. a. aufgrund der hirnorganischen Speicherung von Sinneseindrücken i.w.S., von subkortikalen und kortikalen Verknüpfungen, der Assoziations- und Integrationsfähigkeit und des Erinnerungsvermögens, die dem Menschen eine im Tierreich sonst nicht erreichte *Bewußtseins*- und damit auch *Selbsterlebnispotenz* eröffnet⁹. Bewußtsein, die sog. geistige Dimension des Menschen, ist dabei ebenso an Hirnstrukturen und -materie gebunden wie die emotionale oder perzeptive Fähigkeit, „Kontakt“ aufzunehmen mit der Mitwelt. Eine Trennung ist nicht möglich, wohl aber eine Unterscheidung geistiger und materieller Phänomene der Leiblichkeit. Wie wollte man auch in Sprache oder geplanter Handlung die leibliche und geistige Dimension trennen?! Beide – Sprache und Handlung – sind auch gegenwartsübergreifend gespannt zwischen (psychologisch) „Motiv“ und „Zielerreichung“, (anthropologisch) Entwurf und Vollendung, (philosophisch) Retention und Prolepsis.

Die „nicht-objektivierbare Körperlichkeit“ oder die nicht auf Körperlichkeit reduzierbare Leiblichkeit weist in eine zweite Richtung, in der der Arzt in der Begegnung mit dem Kranken der Einheit des Menschen ansichtig werden kann. Der Kranke ist in seinem leiblichen Kranksein (und daran ist hier vor allem gedacht) Subjekt, d. h. Akteur, spontan und reaktiv Handelnder, Agierender seines Krankseins, wie er auch der Krankheit unterworfen (sub-iectus) ist. In wechselnder Gewichtung ist er aktiv und passiv zugleich, hat und gestaltet er *seine* (!) Krankheit, besser: *sein Kranksein*, darin dialektisch frei und leidend. In der Schmerzempfindung, auch in anderen Leibgefühlen wie Hunger und Durst, Erschöpfung und Frische u. a. wird uns das besonders deutlich: sei es willentlich oder emotional oder affektiv gesteuert, erleben oder erleiden und gestalten wir in kranken und gesunden Tagen das Mißbefinden stärker oder schwächer. Nicht nur die stark vom sog. vegetativen Nervensystem abhängigen Leibgefühle, nein, wir können sogar den Ablauf von „Organkrankheiten“, selbst die Heilung von Knochenbrüchen mental beeinflussen.

Hier verrät sich eine Wechselbeziehung, eine Interdependenz von Handeln und Leiden: zu leiden ist nicht nur passiv, sondern auch aktiv; ein Leiden anzunehmen, es zu bewältigen, vielleicht als Wandlung, als biographische Notwendigkeit, als Schwelle zu erleben (Buytendijk¹⁰ und nach ihm Christian¹¹ sprechen von der Schwellenpositionalität der Krankheit) – das alles sind ja aktive Umgangsmöglichkeiten mit dem Leiden. Umgekehrt ist Handeln nicht nur aktiv, es kann – und das verrät sich häufig in Krankheitszuständen – auch eine Leidensform sein.

⁹ s. Gerhard Roth (1994): Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Frankfurt a. M., Suhrkamp-Verlag

¹⁰ Frederik J.J. Buytendijk (1967): Prolegomena einer anthropologischen Physiologie. Salzburg, Otto Müller Verlag, p 160

¹¹ Paul Christian (1989), a.a.O.

B) Erfahrung der Einheit des Menschen in der Anamnese:

Ist mit der unmittelbaren Krankenuntersuchung, diesem einleitenden diagnostischen Schritt, die vergleichsweise statische *Leibgestalt der Krankheit* und des Krankseins deutlich geworden, so wird mit dem Handlungsschritt¹² der Anamnese die Entwicklung, die dynamische *Zeitgestalt der Krankheit*, diese eher im Sinne eines idealtypischen Konstruktes, erarbeitet – durch den Arzt transitiv, vom Kranken reflexiverinnernd. Die von uns Ärzten meist sogenannte Krankengeschichte ist meist ein reduzierendes Datieren von Vorkrankheiten, Operationen oder anderen medizinisch relevanten Ereignissen, allenfalls noch die Entwicklung einer Krankheit, aber höchst selten die Geschichte eines Kranken oder eines Menschen in seiner Erkrankung und seinem Kranksein.

Indem ihre kausale oder konditionale Beziehung zu Entwicklungsphasen, Perioden oder anderen biologischen Rhythmen berücksichtigt wird, kann der situationsabhängige oder lebensgeschichtliche Zusammenhang einer Krankheit, eines Krankseins erkennbar werden; mehr noch, wenn Aktualkonflikte oder belastende, kränkende (sic!) Schlüsselereignisse oder Lebenssituationen, wenn neben der körperlichen auch die seelische und geistige Entwicklung, die Sozialisation in Familie, Ausbildung und Beruf und Gemeinschaften beachtet werden, soweit diese Bereiche das Kranksein, auch die „Verarbeitung“ von Krankheit, prägen oder geprägt haben.

Die *Zeitgestalt des Krankseins* gewinnt in der biographischen Anamnese eine andere Qualität als die des physikalischen und biologischen Zeitablaufes der Krankheitsgeschichte. Die Zeit des Krankseins ist „ein Stück Lebensgeschichte“ (Siebeck 1949¹³), ist biographische Zeit mit der Offenheit für Selbsterfahrung, für eine gesteigerte Empfänglichkeit und Verletzbarkeit, für die Erfahrung der eigenen Zeitlichkeit und Geschichtlichkeit, auch hin auf den eigenen Tod. Es ist wieder die mögliche „Schwellenpositionalität“ der Krankheit, besser: des Krankseins, in der Biographie des Kranken.

Zeit hat hier neben und in der extensiven und intensiven Zeiterfahrung auch eine existentielle Erlebnisqualität von Endlichkeit und Vergänglichkeit, d.h. auch mehr oder weniger ständigem Bedrohtsein „mitten im Leben“. Die Geschichte, die *Zeitgestalt der Erkrankung*, des Leidens, wird schließlich mitgeprägt von der Selbstinterpretation („health belief“): Was denkt, was empfindet der Kranke selbst hinsichtlich der „Bedeutung“, des Sinnes seines Krankseins? Sie wird auch mitbestimmt von der Einrichtung mit dem Kranksein, das auch Gewinn bringen kann, Entlastung von Aufgaben und Verpflichtungen, den Gewinn der Regression. So hat die individuelle Erkrankung immer auch eine soziale Dimension.

Mit dem Erleben, dem Erleiden des Krankwerdens ist oft ein verändertes Zeiterleben verbunden: intensiver oder konturlos, das Erlebnis der Langeweile oder Zeitleere oder Zeitraffung, mit der Vergegenwärtigung des Vergangenen oder mit dem Versuch, die Zukunft einzuholen, oder sich (wieder) in die Zeit einzuorten.

¹² Indem die Anamnese als Handlung verstanden wird, öffnet sie sich als solche auch der ethischen Reflexion, ihrer Begründung und Rechtfertigung.

¹³ Richard Siebeck (1949): *Medizin in Bewegung*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag

Was in der dreischichtigen Anamnese der Krankheit, des Kranken und seiner Erkrankung zum Vorschein kommt, ist ein mehrdimensionales Verständnis auch sogenannter rein somatischer Erkrankungen: auch sie haben einen biographischen und psychosozialen Stellenwert.

Hier die kurze „Anamnese“ eines 45jährigen promovierten Akademikers, der uns nach einem akuten Herzinfarkt zur Herzkatheteruntersuchung überwiesen wurde. Die Diagnose des Infarktes wurde bestätigt; die Angiografie zeigte eine schwere diffuse Drei-Gefäß-Koronarkrankheit, die zur raschen Operation (4fach-Bypass) veranlaßte. Der Verlauf war weitgehend komplikationslos, die postoperative Mobilisierung bei uns und in der Anschlußheilbehandlung trotzdem verzögert. – Zur Vorgeschichte: ohne die Standard-Risikofaktoren (erhöhter Blutdruck, Rauchen, Fettstoffwechselstörungen) hatte der strebsame, leistungsbewußte und zum Perfektionismus neigende Psychologe „gesundheitsbewußt“ gelebt, gejoggt. Der Infarkt, ohne angegebene Vorboten, war ihm wie ein „Unfall“ vorgekommen. „Wie konnte das passieren? – mir, der ich so gesundheitsbewußt gelebt habe?“ Wie es denn jetzt weitergehen könne mit der Arbeit, dem Beruf, dem Sport? Äußerungen mit Blick auf die Ehefrau, auf Berufskollegen. Herr Dr. X stand unter dem Druck, innerhalb einer befristeten Anstellung am Universitätsinstitut seine Habilitation zu erreichen, wenn er nicht in eine ihm niedriger erscheinende Tätigkeit als Schul- oder Betriebspsychologe absteigen sollte. Jetzt aber durch den Infarkt und die Operation mindestens 4 Monate aus der Arbeit herausgerissen! Und wie weiter?

Diese Krankengeschichte macht auch ohne psychosomatische oder psychoanalytische Interpretation deutlich, wie stark selbst (im naturwissenschaftlichen Verständnis) „rein somatische“ Krankheiten wie der Herzinfarkt eine psychosoziale Dimension, auch die der *biographischen Einheit des Menschen*, haben. Sie ist es, die in dem ärztlichen Handlungsschritt der Anamnesenerhebung zum Vorschein kommen kann. In der transitiv und reflexiv geleiteten und geleisteten Erinnerung erlebt der Kranke seine biographische Identität, in „zeitübergreifender Vergewärtigung“ (Auersperg). Hier ist zunächst an die Rückholung, die erinnernde Vergewärtigung gedacht. Es kann darin auch die Macht, die kränkende Wirkung des vermeintlich Vergangenen deutlich werden, besonders, aber nicht ausschließlich in der psychoanalytischen Aufarbeitung von Verdrängungen in der Biographie.

C) Erfahrung der Einheit des Menschen in der Therapie:

Hier komme ich zu dem aus der Sicht des Kranken zentralen Handlungsschritt: der Therapie. Sie ist ihm das wichtigste Anliegen, wenn er sich an einen Arzt wendet. Was aber ist ihm, dem Kranken, das Ziel, der Sinn der Therapie? Und was ist es für den Arzt?

Therapie zielt auf Heilung, auf Leidensminderung, auf physische Restitution und soziale Reintegration, auf Wiederherstellung von Gesundheit – idealiter in ihrer integralen Form „körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens“ (gemäß der Definition von Gesundheit nach der Welt-Gesundheits-Organisation WHO). In der leiblich konstituierten Intentionalität und Relationalität, im Rollenleib, wurde die soziale Dimension bereits angesprochen. „Soziale Reintegration“ umfaßt auch diesen Aspekt, nicht nur die Wiedereingliederung in Familie oder Arbeitswelt.

Obwohl mit der WHO-Definition ein m. E. nicht realisierbarer Gesundheitsbegriff statistisch wie auch moralisch und pragmatisch normativ gesetzt wird für das Handeln, das Behandlungsziel des Arztes, so ist doch zu beachten, daß diese Definition die drei Di-

mensionen bio-psycho-sozialer Einheit des Menschen (wie sie dem Uexküll'schen Krankheitsverständnis zugrunde liegt) umfaßt und sie als reflexive Befindlichkeit, als Wohlbefinden formuliert, das wohl schwerlich „von außen“ zu beurteilen ist. Und doch ist auch die objektive Intaktheit normaler Funktion und Struktur, Morphologie und Physiologie mitgedacht. Diese Intaktheit ist wiederum an der im sozio-kulturellen Umfeld als gesund eingeschätzten Normalität ausgerichtet. Das Wohlbefinden allein reicht nicht aus für eine Definition, nicht einmal für eine Beschreibung von Gesundheit.

In den letzten ca. 15 Jahren hat der Begriff der Lebensqualität die normative Funktion des Begriffes des Wohlbefindens abgelöst, indem skalierbare, meßbare, statistisch verrechenbare Daten mit ihrer scheinbaren Objektivität erfaßt werden. Mit der Lebensqualität, auf deren konzeptionelle, empirisch-methodische, statistische und interpretative Problematik¹⁴ hier nicht eingegangen werden kann, werden neben der krankheitsbedingten körperlichen Beeinträchtigung auch die seelische Belastung, das Leiden, die soziale Selbständigkeit und Abhängigkeit beurteilt. Diese Facetten des Krankseins zu verbessern durch kurative oder palliative Maßnahmen, ist das Ziel der Therapie akuter oder chronischer Krankheiten.

So sehr eine Quantifizierung von Minderung oder Verbesserung von Lebensqualität auch gutzuheißen ist, so kann sie doch auch den Blick auf die nicht meß- oder skalierbare Leidenserfahrung (sei sie positiv oder negativ), vielleicht auch Sinnerfahrung in der Erkrankung verstellen. Auch ist Lebensqualitätsminderung, eine Einschränkung körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens im Hinblick auf ein Therapieziel passager oder permanent erduldbar und im Einvernehmen („informed consent“) auch zumutbar, ja geradezu nötig, wenn z. B. die schwere Beeinträchtigung, ja vitale Gefährdung durch eine zytostatische Therapie, oder auch eine riskante Operation in Kauf zu nehmen ist in der Hoffnung auf eine Überwindung oder Besserung eines Leidens. Damit erhebt sich die Frage der Vorrangigkeit von Behandlungszielen: geht es um momentane Verbesserung der individuellen und sozialen Befindlichkeit oder um erwartbare Lebensverlängerung mit vielleicht reduzierter Lebensqualität?

Therapieziel und Lebensziel, Heilungsabsicht und -erwartung des Kranken und des Arztes werden nicht immer kongruent, auch für den Kranken selbst nicht konstant, konsistent in ihrer inhaltlichen Charakterisierung oder ihrer rationalen oder affektiven Begründung sein. Lebensalter, die individuelle und soziale Situation des Kranken, die Krankheit mit ihrer spezifischen Prognose, die Verhältnismäßigkeit von einzusetzenden Behandlungsmaßnahmen und möglichem Erfolg werden Handeln und Duldung mit bestimmen.

An dieser Stelle sei eine kurze Krankengeschichte eingefügt, aus der die Inkongruenz von Therapieziel und -erwartung, aus der Sicht des Kranken geradezu die Inakzeptabilität von Behandlungsmöglichkeiten spricht:

¹⁴ Hans-Heinrich Raspe (1990): Zur Theorie und Messung der 'Lebensqualität' in der Medizin. In: P.Schölmerich & G.Thews (Hrsg.): 'Lebensqualität' als Bewertungskriterium in der Medizin. Stuttgart - New York, G. Fischer Verlag, pp 23-40

Ein 69jähriger dynamischer, körperlich bis vor kurzem gut leistungsfähiger Mann wird wegen instabiler Angina pectoris auf die Intensivstation (1985) eingewiesen. Gleich im ersten Gespräch äußert er den dringenden Wunsch nach einer Herzoperation; mit seinen Schmerzen könne er so nicht weiterleben. Die Herzkatheteruntersuchung zeigt die linke Herzkammer stark erweitert mit einer weit ausgedehnten Infarkt Narbe (der Patient wußte von keinem entsprechenden Ereignis) und einer generalisierten hochgradigen Kontraktions-einschränkung; zwei der drei Herzkranzgefäße verschlossen, das dritte hochgradig eingengt. Inoperabel! Der Patient konnte unseren Beschluß, von einer Operation abzusehen und medikamentös zu versuchen, ihn weitgehend beschwerdefrei zu machen, nicht einsehen. Es müsse doch etwas zu machen sein, er könne jedenfalls so nicht weiterleben. Zwei Tage später verstarb er. - Ich frage, ob hier nicht mit der unabänderlichen Konsequenz des Todes leiblich eine existentielle Entscheidung getroffen worden ist in der Spannung zwischen Erwartung und Möglichkeit ärztlicher oder medizinischer Therapie? Auch eine Antwort auf die Sinnfrage eines eingeschränkten Lebens?

Läßt sich therapeutisch Gesundheit als „völliges körperliches, seelisches und soziales Wohlbefinden“ bei weitem nicht immer erreichen, so kann doch ärztliches Handeln auch auf die *Akzeptanz von* und auf den *Umgang mit* Einschränkungen, Behinderungen zielen – in unserer leistungsbezogenen Gesellschaft oft inkompatibel mit der Definitionsmacht und dem Handlungsdruck von patienteneigenen, von ärztlichen und von gesellschaftlichen Therapiezielen und -erwartungen, ja -forderungen. Gelingt dies, dann ist vielleicht auch durch die Überwindung von „Brüchen“ im Lebensentwurf, von Verlusten ein neu orientiertes Selbstwertgefühl wiederzuerlangen. Die Lebensqualität kann neue Facetten, neue Dimensionen gewinnen. Wie Kranksein ein Stück Lebensgeschichte, biographische Einheit, so kann auch mehr noch Gesundheit, Heilung einen Schritt (mindestens potentiell) zur *Sinneinheit* des Menschen ermöglichen.

D) Einheit des Menschen in der Prognose.

Mit der Sinnfrage greift Therapie über die Gegenwart, über das akut notwendende Handeln im Blick auf Leidenslinderung oder -abwehr von Not und Bedrohung hinaus auf Zukunft, auf qualitative und quantitative Lebenserwartung. Von dieser mehr oder weniger weit vorausbeurteilenden Sicht, der Prognose her begründet und ggf. rechtfertigt der Arzt die Therapie. Er tut dies im ausdrücklichen oder notfalls im mutmaßlichen Einverständnis soweit möglich, nach Aufklärung des Kranken oder seines rechtmäßigen Vertreters, der in die Behandlung einwilligt. In diese einverständliche Zustimmung (im medizinischen Sprachgebrauch: den informed consent) geht etwas ein von dem Lebensentwurf des Kranken, der ja aus seiner Biographie erwächst, in den neben Hoffnung und Zuversicht, Lebenswille und Mut auch Befürchtungen und Ängste einfließen. Doch: Wie viele oder wie wenige Menschen leben heute gemäß einem aktiv gestalteten Lebensentwurf? Die meisten haben Erwartungen, auch Lebenserwartungen, darin auch eigene Prognosen, die sie vom Arzt bestätigt oder widerlegt wissen wollen. Dieses Wissen-Wollen ist sehr häufig zwiespältig: Nicht nur mit Blick auf das zu Wissende sondern auch wechselnd und relativ zur jeweiligen Situation in der Beurteilung des Lebenswertes.

Lebenserwartung ist aber auch Inhalt der medizinisch begründbaren, ärztlich zu vermittelnden Prognose, auch sie mit dem quantitativen und dem qualitativen Aspekt. Die *quantitativ prognostizierte Lebenserwartung* faßt die statistische Erfahrung krankheitsbezogener

Lebensdauer nach Feststellung einer Krankheit (z. B. kleinzelliges Bronchialkarzinom 1,8 Jahre) und der Beurteilung des aktuellen Krankheitszustandes zusammen. Die *Voraussage der Lebensqualität* berücksichtigt viel stärker die individuelle Fähigkeit, mit dem Kranksein umzugehen, sieht Einschränkungen, Behinderungen und Schmerzen und Gefahren im weiteren Verlauf der Krankheit mit möglichen Auf's und Abs.

Es kann dabei auch zur Aufgabe des Arztes gehören, dem Kranken bei der von ihm zu leistenden Krankheitsbewältigung zu helfen, mit der es darum geht, das aktuelle Kranksein oder die überwundene oder die hoffentlich überwindbare Krankheit oder die erwartbaren Einschränkungen qualitativer wie quantitativer Lebenserwartung in die Zukunftsperspektive zu integrieren. Ja, er kann und muß diese Integration oft fördern. Die besonders in der zunehmend älteren Bevölkerung immer häufigeren nicht heilbaren chronischen Krankheiten erfordern das in steigendem Maße. Mit dieser Integration des Krankseins und der Krankheit (sic!: In der Spannung des pathischen Krankseins und der objektivierbaren Krankheit!) – mit der Integration in das weitere Leben „gehört Krankheit zur Individualisierung“. Ich zitiere Novalis¹⁵: „Das Ideal einer vollkommenen Gesundheit ist bloß wissenschaftlich interessant. Krankheit gehört zur Individualisierung.“ Auch darin kann aus ärztlicher Sicht die Einheit des kranken Menschen deutlich werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Betrachten wir die in den skizzierten Handlungsschritten von „körperlicher Untersuchung“, Erhebung der Anamnese, Therapie und Prognose vorscheinenden Aspekte der Einheit des Menschen unter dem Gesichtspunkt ihrer ethischen Relevanz, so lassen sich folgende Punkte herausstellen:

1. Die *Leiblichkeit* des gesunden wie des kranken Menschen ist „Organ“ von potentiell auch personaler Selbstempfindung, auch möglicherweise selbstempfundener Einheit und Identität. Sofern der Leib als auf seine Gegenständlichkeit (Objektivierbarkeit) reduzierter Körper untersucht wird, bedarf es der sach- und wertorientierten Begründung (der Indikation). Der Kranke ist ja auch ein sich in seiner Leiblichkeit erlebendes und erleidendes wie auch gestaltendes Subjekt. Der dieser Dimension angemessene Umgang mit dem Kranken verlangt Achtung, Behutsamkeit und Respekt vor der Person des Kranken.
2. Anamnese ist Handlung und Ergebnis (der anamnestischen Exploration). Sie umfaßt idealiter die Geschichte einer Krankheit *und* die eines Kranken in seiner Erkrankung, in seinen Phasen des Krankseins. *Geschichtlichkeit* und *Vergänglichkeit*, *Temporalität* und *Historizität*, als Perspektiven der Zeitlichkeit können (mindestens fragmentarisch) in der erhobenen Anamnese als *Einheit biographischer Kontinuität und Identität* deutlich werden, vielleicht selbst in ihren Brüchen. Obwohl funktional geboten, auch zum beiderseitigen Schutz unabdingbar, ist doch der wechselseitige Reduktionszirkel

¹⁵ Novalis (1957): Werke in 4 Bänden, Bd. 1: Fragmente I: Die Enzyklopädie, Abteilung 5, p 284 (Heidelberg, Verlag Lambert Schneider), Fragment 1035

skotomisierter Wahrnehmung (nur der Krankheit) und Ausblendung der biographischen Perspektive (Stichwort Schwellenpositionalität von Erkrankung!) problematisch und nicht wertfrei. Die Reduktion auf das funktional *Gebotene* und das dem Kranken und der Situation *Zuträgliche* und auf das der Kompetenz des Arztes *Angemessene* ist in der Achtung der Unverletzlichkeit der Person und der potentiell ansichtigen biographischen Einheit des Kranken aufgehoben.

3. Einheit des Menschen kann auch im Blick auf die *Sinnfrage* des Zieles ärztlicher Therapie deutlich werden, sofern diese über die bloße zweckorientierte Reparatur von Defekten hinausgeht und leibliche, seelische, geistige und soziale Leidensminderung, gar Heilung zu ermöglichen sucht. Hier ist die ethische Dimension wohl am deutlichsten zu erkennen. Geht es doch um die *Wiedererlangung und Erhaltung von Gesundheit*, um eine mindestens akzeptable *Lebensqualität* im individuellen wie im sozialen Bereich als hohen Werten. Soweit realisierbar, ist hier die Zielsetzung des Kranken zu beachten, durchaus mit der Möglichkeit divergierender Wertbegründungen des Kranken und des Arztes.
4. Die prognostische Beurteilung hat die quantitative und vielleicht mehr noch die qualitative Lebenserwartung, die Integration des Krank- oder von-Krankheit-Bedroht-Seins in der antizipierten Lebensspanne zu berücksichtigen. Das bedeutet nicht resignativen Pessimismus, sondern vernünftigen Realismus.

Der in dem gestellten Thema zu überbrückende „Körper-Seele-Dualismus“ scheint mir in der phänomenalen, dem Erlebnis zugänglichen Einheit des Leiblichen aufgehoben; jeweils als komplementär ergänzungsbedürftig können funktional die beiden „Partner“ getrennt wahrgenommen werden wie Welle und Korpuskel im Licht.

Mehr oder weniger verborgen und einer eindimensional naturwissenschaftlichen Sicht auf Krankheit verschlossen, können sich jedoch die herausgearbeiteten anthropologischen Konstitutiva (Leiblichkeit, Subjektivität, Zeitlichkeit, Sinnorientierung und Lebensentwurf) der unmittelbaren Begegnung, der vorwissenschaftlichen Erfahrung öffnen und auch im Blick auf eine medizinische Ethik handlungsrelevant werden – auch mit der unterschiedlichen Gewichtung ihrer jeweiligen Aspekte für den kranken Menschen und für den mit ihm betrauten und mit ihm umgehenden Arzt.

Summary

Discussions of „holistic“ medical practice often confine themselves to the treatment of so-called „psychosomatic disorders“. This paper traces ways in which the patient's personal unity may become apparent to medical practitioners during three critical steps of everyday practice: physical examination, „medical history“ (anamnesis) and treatment. Physical examination touches on the patient's „Leiblichkeit“ (his „organ“ of bodily self-awareness of being a person). Objectifying of the „Leiblichkeit“ may constitute an infringement upon the patient's personal unity and is only justified by strict medical indication. The patient not only is ill but he „acts“ his illness (subject of and to his disease). – Medical history concentrates on the development of a disease but also has to keep in mind the potential

biographical meaning of being ill and the patient's biographical identity. – The aim of medical treatment, finally, may touch on the patient's existential goals. – These three steps of medical practice are not discipline-specific, but span all areas of medical practice. It is argued that medical decisions should be guided by considerations of the patient's personal unity at each of the three steps. Prognostic judgement has to take into account quantitative and, more importantly, qualitative life expectancy, as well as the patient's ability to integrate an actual or potential illness into his or her life. In our view, taking all of these factors into account is not a sign of pessimistic resignation, but of realistic judgement.

Key words: self-awareness - physical examination - medical history - aims of treatment.

Zusammenfassung

Dem ärztlichen Handeln kann sich die phänomenale Einheit des Menschen in den drei Schritten der körperlichen Untersuchung, der Anamnesenerhebung und der Therapie erschließen. Die *Leiblichkeit* ist dem Menschen Organ (potentiell auch personaler) Selbstempfindung, auch möglicher selbstempfunder Einheit und Identität. Sofern der Leib als auf seine Gegenständlichkeit (Objektivierbarkeit) reduzierter Körper untersucht (diagnostiziert) wird, bedarf es der sach- und wertorientierten Begründung (der Indikation). Der Kranke ist als Subjekt, als Akteur seiner Leiblichkeit wie seiner Krankheit zu achten. – Die Anamnesenerhebung fragt idealiter nach der Entwicklung der Krankheit und der Geschichte des Kranken in seiner Erkrankung. Geschichtlichkeit und Vergänglichkeit als Perspektiven der *Zeitlichkeit* können mindestens fragmentarisch in der Geschichte des Kranken als Einheit biografischer Kontinuität und Identität deutlich werden. Der wechselseitige Reduktionszirkel begrenzter Wahrnehmung nur der Krankheit und die Ausblendung der biografischen Perspektive sind nicht wertfrei. Die Beschränkung auf das im Blick auf die Diagnostik und Therapie Gebotene und das dem Kranken Zutragliche ist aufgehoben in der Achtung der lebensgeschichtlichen Einheit des Kranken. – In dem Therapie-Ziel kann schließlich die *Sinnfrage* für den Kranken deutlich werden: Zweckorientierte Reparatur von Defekten oder Wiedererlangung und Erhaltung von Gesundheit und akzeptabler Lebensqualität. Darin werden Grundrechte und -ansprüche wie Werte, potentiell auch konflikthaft, deutlich.

Schlüsselwörter: Leiblichkeit - Selbstwahrnehmung - direkte Krankenuntersuchung - Krankengeschichte - Therapieziel - Selbstidentität.

Prof. Dr.med. Klaus Gahl
Dürerstraße 10
D-38106 Braunschweig

HANS-PETER BECK, Goslar

„Atomausstieg – was nun?“

Clausthal Zellerfeld, 14.07.2001*

Allgemeines

Das Thema „Nutzung der Kernkraft zur Stromerzeugung“ ist stark emotional und zum Teil ideologisch besetzt, so dass der von der Bundesregierung und den Kraftwerksbetreibern im Juni 2001 vereinbarte Ausstieg heiß umstritten ist. Im Vortrag soll versucht werden, ausgehend vom derzeitigen Spannungsfeld der Elektrizitätswirtschaft, das durch die diametral entgegengesetzten Forderungen Atomausstieg und Klimaschutz sowie Nachhaltigkeit und Liberalisierung gekennzeichnet ist, aufzuzeigen, dass rezentrale regenerative und zentrale nukleare Stromerzeugung sich ergänzen könnten. Dabei fließen zentrale technische Aspekte ein, die eine von der derzeitigen politischen Linie verfolgte Dezentralisierung der Stromerzeugung zur Folge hätte. Ergänzend hierzu werden auch Forschungsergebnisse und laufende Arbeiten des IEE und des CUTEC-Institutes vorgestellt.

Inhaltsverzeichnis:

1. Vorgeschichte und Beschlusslage zum Ausstieg
2. Folge für die Elektrizitätsversorgung
Ersatzbedarf, Netzbetrieb, Klima
3. Anteil dezentraler und zentraler Stromerzeugung
4. IEE-Konzept: Zukünftige Stromerzeuger mit Brennstoffzelle in Analogie zur herkömmlichen Technik
5. Clausthaler Energiepark im CUTEC: Netzstrukturen mit 100 % regenerativer Stromerzeugung (Projekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt)

Thesen

1. Kernkraftwerke können bis 2020/2025 CO₂-neutral durch Erdgas-BHKW, GuD-Kraftwerke und 15 % regenerative Quellen (Wasser, Wind, Sonne, Biomasse) ersetzt werden (Energieerzeugung wie heute +10 %, ca. 550 TWh).
2. Die heutige Versorgungsstruktur müsste dazu durch Anlagen mit 50 % dezentraler Stromerzeugung radikal geändert werden.
3. Die technischen und wirtschaftlichen Probleme scheinen beherrschbar.

* Kurzfassung eines Vortrages vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

4. Die Stromgestehungskosten müssten inflationsbereinigt voraussichtlich nur geringfügig steigen, da „Kapitalvernichtung“ durch Ersatz abgeschriebener Kraftwerke offenbar vermieden werden kann.
5. Die Langfrist-Option „Kernkraft“ bleibt erhalten (50 % zentrale Stromerzeugung).

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
Leiter des Instituts für Elektrische Energietechnik (IEE) und Prorektor
für Forschung und Hochschulentwicklung der TU Clausthal
Leibnizstraße 28 · D-38678 Clausthal-Zellerfeld

JÖRG SCHWEDES, Braunschweig

Erzeugen von Nanopartikeln durch Zerkleinern

Braunschweig, 12.10.2001*

Das mechanische Zerkleinern ist ein Stoffwandlungsprozess und somit eine Grundoperation der Verfahrenstechnik, deren Aufgabe es immer ist, durch Stoffwandlungen ein gegenüber dem Ausgangszustand höherwertiges Produkt zu erzeugen. Klassische Beispiele für das Zerkleinern sind: Mehl aus Getreide zu gewinnen, Erze für die Verhüttung vorzubereiten, Farbpigmente für Dispersionsfarben herzustellen, Wirkstoffe in Partikelform in Pharmazeutika und Kosmetika einzuarbeiten, Kakaobohnen und Zucker für die Schokoladenherstellung zu mikronisieren, usw. Zerkleinerungsprozesse sind sehr energieintensiv. So werden ca. 4 % unserer Elektrizitätsproduktion – als Energieäquivalent – für Zerkleinerungsprozesse benötigt.

Die technische Zerkleinerung erfolgt in Maschinen, Mühlen genannt, in denen die Partikeln durch Druck, Prall oder in einer Scherströmung beansprucht werden. Bei der Grobzerkleinerung (Eingangspartikelgrößen > 10 mm) stellt das Beanspruchen kein Problem dar. Bei der Feinzerkleinerung (Ausgangspartikelgrößen < 1 mm) ergeben sich mit abnehmender Partikelgröße zunehmend Schwierigkeiten, vor allem aus zwei Gründen: Die Partikeln sind wegen ihrer kleinen Abmessungen nur schwer einzufangen. Eine auf 100m/s beschleunigte 1 mm-Partikel legt noch ein Weg von ca. 10 m zurück, ehe sie durch den Luftwiderstand auf Null abgebremst ist. Bei einer 1 μ m-Partikel beträgt der Flugweg nur noch ca. $\frac{1}{2}$ mm. Zum anderen werden reale Partikeln – anorganische wie organische Naturprodukte und gezielt hergestellte Produkte wie Keramiken – mit abnehmender Partikelgröße immer homogener und enthalten weniger Fehlstellen, die bruchauslösend sind, d.h. ihre Festigkeit nimmt mit abnehmender Partikelgröße erheblich zu und setzt der Zerkleinerung einen zunehmenden Widerstand entgegen.

Wird auf Partikelgrößen < 50 μ m zerkleinert, neigen die Partikeln dazu, zu agglomerieren, was auf van der Waals'sche Anziehungskräfte zurückzuführen ist. Diese sind der Partikelgröße proportional und ihr Einfluss nimmt gegenüber den Massenkräften, die proportional zu dritten Potenz der Partikelgröße sind, mit abnehmender Partikelgröße enorm zu. Van der Waals-Kräfte sind in Flüssigkeiten um zwei bis drei Zehnerpotenzen geringer. Dies und die Tatsache, dass bei der Naßzerkleinerung höhere Energiedichten in den Mühlen erreichbar sind, führte dazu, dass für die Feinstzerkleinerung im technischen Maßstab fast ausschließlich Nassmühlen eingesetzt werden. Weitverbreitet ist die Rührwerkskugelmühle, die am Institut für Mechanische Verfahrenstechnik der TU Braunschweig intensiv untersucht wird und schon Gegenstand von über 10 Dissertationen war. Die Rührwerkskugelmühle besteht aus einem meist zylinderförmigen Behälter, in dem axial

* Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

eine Rührerwelle angeordnet ist, die mit Scheiben, Stiften oder anderen Elementen bestückt ist. Der freie Raum wird zu ca. 80 Volumenprozent mit einer Schüttung aus gleichgroßen Mahlkörpern – meist Kugeln mit Abmessungen zwischen 0,1 und 10 mm – gefüllt. Im restlichen Volumen befindet sich eine Suspension, bestehend aus den zu zerkleinernden Partikeln und der Trägerflüssigkeit (meist Wasser). Das Rührwerk bringt die Mahlkörperschüttung in intensive Bewegung. Es werden Beschleunigungen bis 50 g erreicht. Die Partikel werden von den Mahlkörpern eingefangen und zwischen ihnen durch Druck und Schub beansprucht. Für eine vollständige Zerkleinerung ist eine Mehrfachbeanspruchung nötig, die in diesen Mühlen garantiert ist.

Wie häufig in der Technik war auch bezüglich des Einsatzes von Rührwerkskugelmühlen für die Feinstzerkleinerung die technische Anwendung der wissenschaftlichen Durchdringung weit voraus. Die Mühle wurde als „black box“ betrachtet. Mehr oder weniger gezielte Variationen von Parametern ergaben einen mehr zufälligen Zusammenhang zwischen beeinflussenden Größen und der zu erzielenden Feinheit. Eine Veröffentlichung aus den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts nennt 44 Einflussgrößen. Diese haben sicherlich nicht alle einen großen Einfluss. Die Zahl weist aber eindeutig auf die Vielschichtigkeit der Aufgabenstellung hin. Die Braunschweiger Untersuchungen – experimentell wie theoretisch – ergaben, dass die zu erzielende Feinheit eine Funktion der spezifischen Energie ist, die sich aus dem Energieeintrag in die Mühle dividiert durch die in der Mühle befindliche Produktmasse ergibt. Die spezifische Energie ihrerseits ist dem Produkt aus Beanspruchungsenergie und Beanspruchungszahl proportional, wobei die Beanspruchungsenergie die Energie darstellt, die beim Stoß zweier Mahlkugeln auf die eingefangene zu zerkleinernde Partikel übertragen wird, und die Beanspruchungszahl die Gesamtzahl aller Beanspruchungsvorgänge wiedergibt. Ist die Beanspruchungsenergie zu klein, kommt es nicht zum Bruch. Es existiert eine optimale Beanspruchungsenergie, bei der die bereitgestellte Energie gerade zum Bruch ausreicht. Ist die Beanspruchungsenergie noch größer, wird die Energieausnutzung wieder schlechter und es wird bei identischem spezifischen Energieeintrag ein gröberes Produkt erzielt. Die Beanspruchungsenergie der Mahlkörper entspricht dem Produkt aus Mahlkörperdurchmesser zur dritten Potenz, Mahlkörperdichte und Rührerumfangsgeschwindigkeit zur zweiten Potenz. Unabhängig von der Wahl dieser drei Einzelgrößen ergeben sich bei identischer Beanspruchungsenergie der Mahlkörper und identischem spezifischen Energieeintrag in die Mühle immer die gleichen Zerkleinerungsergebnisse.

Erreichen die Bruchstücke Größen von kleiner ungefähr 500 nm (0,0005 mm), wird der Einfluss van der Waals'scher Anziehungskräfte wieder dominant und die Partikel neigen auch in Flüssigkeiten zum Agglomerieren, womit der weiteren Zerkleinerung scheinbar eine Grenze gesetzt ist. Das Agglomerieren kann jedoch verhindert werden, wenn die Suspension stabilisiert wird, d.h. die Partikel nicht agglomerieren können. Dies kann über sterische Stabilisierung – Einsatz von Polymeren als Abstandhalter – oder über elektrostatische Stabilisierung geschehen. Bei der elektrostatischen Stabilisierung werden durch entsprechende Ionenzugabe in die Suspension Abstoßungskräfte zwischen den Partikeln erzeugt, die in Konkurrenz zu den van der Waals'schen Anziehungskräften stehen und eine Agglomeration verhindern, solange sie größer als diese sind. Die elektrostatische

Stabilisierung, die sich über das sogenannte Zetapotential beschreiben, beeinflussen und messtechnisch erfassen lässt, ist wesentlich schneller als die sterische Stabilisierung, hat daher zunehmende Vorteile bei abnehmenden Partikelgrößen und wurde deshalb bei unseren Versuchen eingesetzt. Die bisherigen Zerkleinerungsversuche wurden mit Schmelzkorund (Al_2O_3) als Zerkleinerungsgut und Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid (ZrO_2) als Mahlkörper in Wasser durchgeführt. Für die Zerkleinerung in den Nanometerbereich hinein sind kleine Mahlkörper ($< 0,5 \text{ mm}$) nötig. Diese gibt es in der gewünschten Größe und mit der nötigen Festigkeit gegenwärtig nur aus ZrO_2 . Das System Al_2O_3 und ZrO_2 mit Yttrium-Ionen machte eine Stabilisierung über eine entsprechende pH-Wert-Anpassung nötig. Bislang konnte eine Endpartikelgröße von 30 nm erreicht werden. Dazu waren in einem absatzweisen Versuch in einer Labormühle allerdings 16 Stunden und 200.000 kJ/kg nötig.

Wozu werden überhaupt Nanopartikeln benötigt? Man spricht heute von Nanopartikeln, wenn die Partikeln Abmessungen von kleiner als 100 nm (0,0001 mm) haben. Einer Mitteilung aus dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie folgend erwarteten die Marktforscher für die Nanotechnik im Jahre 2001 weltweit ein Umsatzpotential von fast 55 Mrd. EUR, Tendenz steigend. In der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) wurde ein Fachausschuss "Molekulares Engineering: Nanotechnik" ins Leben gerufen. Dieser führt aus:

- Katalysatoren werden gezielt hergestellt, mit höherer Effizienz und Selektivität.
- Für die Korrosionsforschung eröffnen Nano-Strukturen neue Horizonte.
- In die Werkstofftechnik werden außer durchsichtigen auch duktile Keramiken Einzug halten.
- Die Vision der wasserklaren Body-Lotion wird Wirklichkeit.
- Die nicht-beschlagende Scheibe wird jeden Brillenträger begeistern und ist dennoch nur ein Abfallprodukt auf dem Wege zur selbstreinigenden Oberfläche.
- Die Anzahl und Verträglichkeit von biokompatiblen Werkstoffen werden erhöht.
- Die Resorption von Nanopartikeln durch die Haut präzisiert die Anwendung von Pharmazeutika.
- Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik revolutioniert die mobile Telekommunikation und Informationsverarbeitung.
- An den Grenzen des physikalisch Machbaren wird das Photon das Elektron ergänzen und vielleicht sogar ersetzen.

Als Anwendungsfelder sind zu nennen: Datenverarbeitung, Fahrzeugtechnik, Feinmechanik, Fertigungstechnik, Informatik, Kosmetik, Lebensmitteltechnik, Maschinenbau, Medizin, Mikroelektronik, Nanoelektronik, Optik, Pharmazie, Robotik, Sensorik, Solartechnik, Umwelttechnik, Werkstoffe. Die Produktionsmengen reichen vom kg-Maßstab bei pharmazeutischen Wirkstoffen bis zu großen Mengen bei z.B. feinem Kalkstein als Füllstoff für die Papier- und Kunststoffindustrie (20 Mill. Jahrestonnen). Bei normalem Autolack befinden sich auf dem 0,8 mm dickem Karosserieblech 5 Lackierungsschichten mit einer Gesamtdicke von 0,1 mm. Diese Schichten enthalten u.a. feinste Partikeln, die Festigkeit gegen Steinschlag garantieren, dem Lack die gewünschte Farbe geben, metallisch

glänzende Eigenschaften erzeugen und die eigentliche Farbe vor der ultravioletten Lichtstrahlung schützen – ähnlich den Pigmenten in Sonnenschutzmitteln.

Nanopartikeln werden nicht nur durch Zerkleinern hergestellt. Alternative Prozesse sind chemische Reaktionen, Gasphasenreaktionen, unvollständige Verbrennung, Verdampfen und Desublimieren, Sol/Gel-Prozesse und Fällung. Beispiele hierfür sind Keramikpartikeln, Aerosil (SiO_2), technischer Ruß und Titandioxid (TiO_2), von denen weltweit zum Teil mehr als 1 Mill. t pro Jahr produziert werden. Wenn Nanopartikeln hergestellt werden, geht es immer um die Eigenschaftsfunktionen dieser Partikeln bzw. der Suspension, in der die Partikeln dispergiert sind. Diese „Eigenschaften“ hängen von der Partikelgröße, eventuell der Partikelform und auch vom Herstellungsverfahren ab. So gibt es Anwendungen, bei denen Nanopartikeln gleicher Größe, aber aus unterschiedlichen Herstellungsprozessen erzeugt, unterschiedliche „Eigenschaften“ erhalten. Die Eigenschaften bestimmen damit sowohl das Herstellungsverfahren wie die zu erzielenden Feinheiten.

Prof. Dr.-Ing. Jörg Schwedes
Fasanenstraße 17
D-38102 Braunschweig

KLASSENSITZUNGEN

HEIKO HARBORTH, Braunschweig

Ramsey-Zahlen

Braunschweig, 9. 2. 2001*

Als Ramsey-Zahl $r = r(G, H)$ wird die kleinste Zahl r bezeichnet, für die in jeder 2-Färbung der Kanten des vollständigen Graphen K_r entweder ein Graph G mit allen Kanten der ersten Farbe oder ein Graph H mit allen Kanten der zweiten Farbe vorkommt. Bei den klassischen Ramsey-Zahlen sind $G = K_a$ und $G = K_b$ jeweils auch vollständige Graphen.

Zwei Aspekte sind von Interesse: Einmal die Frage nach der Existenz von $r(G, H)$ und dann die „Jagd“ auf exakte Zahlen. Ein allgemeiner Existenzbeweis wurde schon von F.P. RAMSEY (1903 - 1930) gegeben. Unabhängig von RAMSEY haben 1935 P. ERDÖS und G. SZEKERES die Ramsey-Zahlen im Zusammenhang mit dem folgenden geometrischen Problem entdeckt. Es existiert eine kleinste Zahl $f(k)$ so, daß es unter mindestens $f(k)$ Punkten in der Ebene immer k gibt, die Eckpunkte eines konvexen k -Ecks sind. Die einzigen bekannten Werte sind bis heute $f(3)=3$, $f(4)=5$ und $f(5)=9$. Durch weitere Arbeiten von P. ERDÖS und R. RADO und später durch die Möglichkeiten der Computer hat sich die Ramsey Theorie in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts enorm entwickelt.

Im Falle von $r(K_a, K_b)$ sind nur für $a = 3$ die Werte 6, 9, 14, 18, 23, 28 und 36 für b von 3 bis 9 und für $a = 4$ die Werte 18 und 25 für $b = 4$ und 5 bekannt.

Werden für G und H andere als vollständige Graphen gewählt, so spricht man von verallgemeinerten Ramsey-Zahlen. Für G und H mit bis zu fünf Knoten sind fast alle Ramsey-Zahlen bekannt. Als weitere Beispiele sind etwa $r(K_{3,3}, K_{3,3}) = 18$, $r(K_5-e, K_5-e) = 22$ und $r(K_{2,n}, K_{2,n}) = 4n-2$, falls $4n-3$ eine Primzahlpotenz ist, hier bei uns bewiesen worden.

Die folgenden Variationen von Ramsey-Zahlen werden mit zum Teil eigenen Ergebnissen vorgestellt.

1. **Mehr als zwei Farben:** $r = r(G_1, \dots, G_t)$ ist die kleinste Zahl r , so daß jede t -Färbung von K_r für ein i einen einfarbigen G_i der i -ten Farbe enthält. Beispiel: $r(K_3, K_3, K_3) = 17$.
2. **Mengen von Graphen:** $r = r_x(a)$ ist die kleinste Zahl r , so daß jede 2-Färbung von K_r einen einfarbigen Graphen mit a Knoten und x Kanten enthält. Beispiel: $r_8(5) = 14$.
3. **Konvexe Ramsey-Zahlen:** $r = r_c(G)$ ist die kleinste Zahl r , so daß in jeder 2-Färbung der Diagonalen und Seiten eines konvexen r -Ecks eine einfarbige Teilfigur G vorkommt. Beispiel: $r_c(C_4) = 14$ für ein konvexes Viereck C_4 .

* Kurzfassung eines Vortrags, gehalten in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

4. **„Weak“ Ramsey-Zahlen:** $r = r_{s,t}(G)$ ist die kleinste Zahl r , so daß jede t -Färbung des K_r einen Graphen G mit höchstens s Farben enthält. Beispiel: $r_{2,3}(K_4) = 10$.
5. **„Zero-sum“ Ramsey-Zahlen:** $r = r(G; Z_k)$ ist die kleinste Zahl r , so daß bei jeder Zuordnung der Zahlen aus $Z_k = (0, 1, \dots, k-1)$ zu den Kanten des K_r ein Graph G vorkommt, dessen Summe aller Kantenwerte Null ergibt. Beispiel: $r(K_3; Z_3) = 11$.
6. **Andere Gastgraphen:** An Stelle der Kanten von vollständigen Graphen werden die Kanten von anderen Folgen von Graphen gefärbt, und es wird dann nach kleinsten Graphen in der Folge gefragt, so daß jede 2-Färbung einen einfarbigen vorgegebenen Teilgraphen enthält. Beispiele: Vollständige bipartite Graphen oder d -dimensionale Würfelgraphen Q_d . So ist uns bei $r_q(G)$ für Teilgraphen G mit bis zu sechs Knoten nur noch unbekannt, welches die kleinste Zahl $r = r_q(C_6)$ ist, so daß jede 2-Färbung der Kanten des Q_r einen einfarbigen Kreis C_6 mit 6 Knoten enthält. Der Wert von $r_q(C_6)$ ist mindestens 7 und höchstens 17.

KARL SCHÜGERL, Hemmingen

Prozesstechnische Aspekte der Produktion von Antibiotika gezeigt am Beispiel von Cephalosporin C

Braunschweig, 12.10.2001*

Die meisten Antibiotika werden von Streptomyceten und Schlauchpilzen gebildet, die filamentöse Myzelien bilden. Diese Morphologie der Mikroorganismen verursacht hochviskose Kultivierungsmedien mit nicht-newtonscher Rheologie, die den Herstellungsprozess erheblich beeinträchtigen. Des weiteren lässt sich der Produktionsprozess in zwei deutliche Phasen aufteilen: auf eine Wachstumsphase und eine Produktbildungsphase, da die Biosynthese des Antibiotikums mit dem Wachstum nicht gekoppelt ist. Ich möchte heute einige Probleme dieser Produktion am Beispiel der Herstellung von Cephalosporin diskutieren.

1945 fand Giuseppe Brotzu einen aus Kloakenabwässern isolierten Schimmelpilz *Cephalosporium acremonium brotzu*, der ein neuartiges, gegen *Staphylococcus aureus* und *Salmonelle typhi* wirksames Antibiotikum ausschied. Von Newton und Abraham wurden in den 50er Jahren das Cephalosporin C und dessen Vorläufer „Cephalosporin N“ (Penicillin N) isoliert und charakterisiert.

Cephalosporin C ist ein Sekundärmetabolit des aeroben Pilzes, *Acremonium chrysogenum*, ein natürlich vorkommendes, nur schwach wirksames Antibiotikum mit einem β -Lactam- und einem Dihydrothiazinring und einer Seitenketten-Gruppe. Es wird gegenwärtig biotechnologisch unter Verwendung von Hochleistungsstämmen als Vorläufer für wirksame halbsynthetische Cephalosporine produziert, da eine organisch-chemische Totalsynthese nicht konkurrenzfähig ist.

Die Optimierung der Produktion dieses Antibiotikums beinhaltet die Erhöhung der Produktivität des Stammes durch Mutation und Verbesserung des Produktionsprozesses. Die Vorbedingung einer hohen Produktkonzentration ist hohe Biomassenkonzentration und hohe Produktivität des Pilzes. Die Prozessbedingungen für das optimale Wachstum und für die optimale Produktbildung sind jedoch sehr unterschiedlich. Daher benötigt man eine gut durchdachte Strategie, um beide Bedingungen zu erfüllen. Des weiteren muss das Produkt hohe Qualität und geringen Preis haben, um das Antibiotikum auf dem Markt absetzen zu können.

Bei der Produktion von Cephalosporin C betragen die Rohstoffkosten, wie bei den meisten biotechnologischen Produktionsprozessen von primären und sekundären Metaboliten, ca. 60 % der gesamten Kosten. Der zweitwichtigste Kostenfaktor ist der Energiebedarf.

Die Voraussetzung eines preisgünstigen Herstellungsverfahrens ist die Verwendung billiger Rohstoffe. Daher werden landwirtschaftliche Nebenprodukte, wie Maisquellwasser, Pharmamedium, Erdnussmehl, usw. zur Kultivierung verwendet.

* Vortrag gehalten in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Diese komplexen Medien haben noch den Vorteil gegenüber synthetischen Medien, dass sie verschiedene Wachstumsfaktoren beinhalten. Daher sind die mit ihnen erreichbaren Produktivitäten erheblich höher als die mit synthetischen Medien.

Um das Reaktort Volumen gut auszunutzen, werden hohe Biomassenkonzentration und kurze Produktionszeiten, d.h. hohe Wachstumsraten des Pilzes angestrebt, die durch Anwendung hoher Substratkonzentration erreicht werden. Die hohen Konzentrationen des Substrates und des filamentösen Myzelium bildenden Pilzes verursachen ein hochviskoses Medium, das gut durchmischt und begast werden muss, um den Pilz mit Substrat (Energiequelle) und Sauerstoff ausreichend zu versorgen. Die Fließgrenze und die Viskosität des Kultivierungsmediums erreichen ein Maximum am Ende der Wachstumsphase, bei der die Endbiomassekonzentration erreicht wird. Danach nehmen beide ab. Während der Kultivierung wird die Substratkonzentration vermindert, auch die Morphologie des Pilzes ändert sich am Ende der Wachstumsphase und das filamentöse Myzelium zerfällt in kugelförmige Arthrosporen, die ebenfalls zur geringen Viskosität des Mediums führt. Daher nehmen die Viskosität und die Fließgrenze am Ende der Wachstumsphase ab und der benötigte Leistungseintrag wird erheblich vermindert.

Wie beeinflussen die Prozessparameter das Wachstum und die Produktbildung?

Die Zusammensetzung des Mediums hat einen großen Einfluß auf die Produktbildung im Gegensatz zu seinem Einfluß auf das Wachstum. Die Ermittlung der optimalen Medium-Zusammensetzung wird durch aufwendige Untersuchungen ermittelt. Die anfängliche hohe Konzentration der schnell verstoffwechselbaren Glucose muss am Ende der Wachstumsphase stark reduziert werden, um die Produktbildung zu starten. Diesen Effekt nennt man katabolitische Repression. Man kann die Produktbildung später stoppen, wenn die Verbrauchsrate von Glucose über $0.4 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ erhöht wird. Die Produktbildung wird neu gestartet, wenn diese Grenze unterschritten wird. Auch die Phosphatkonzentration muss am Ende der Wachstumsphase reduziert werden. Daher wurden früher nach der Wachstumsphase langsam verstoffwechselbare Energiequellen, wie Laktose oder Erdnussmehl, verwendet. In der modernen Praxis wird schnell verstoffwechselbare Energiequelle dem Reaktor in der Weise langsam zugefüttert, dass die kritische Verbrauchsrate unterschritten wird und keine Katabolitrepression auftritt. Wird die Gelöstsauerstoffkonzentration reduziert, verschiebt sich das Verhältnis dieser Verbindungen. Die Konzentration der Zwischenstufen Isopenicillin N und Penicillin N steigen an und die Konzentration des Endproduktes, Cephalosporin C vermindert sich. Man kann erkennen, dass die Biosynthese bei Deacetoxycephalosporin C-Synthetase blockiert wird (Abb. 1).

Es ist sehr schwierig in allen Bereichen der 100 m^3 Produktionsanlage den Pilz mit Sauerstoff ausreichend zu versorgen. Die Erhöhung der Rührerdrehzahl zur Verbesserung des Sauerstoffeintrages ist wegen der hohen Viskosität und der nicht-Newtonschen Rheologie des Kultivierungsmediums nur bedingt anwendbar. Durch Vergrößerung des Rührerdurchmessers lässt sich die Sauerstoffeintragsrate erheblich verbessern. Der Leistungseintrag nimmt jedoch mit dem Rührerdurchmesser stark zu. Wegen der zu hohen Energiekosten muss die partielle schlechte Sauerstoffversorgung des Pilzes in Kauf genommen werden. Neben der Zunahme der Konzentrationen von Isopenicillin N und Penicillin N steigt auch die Konzentration von Desacetoxycephalosporin C an. Die Entfernung

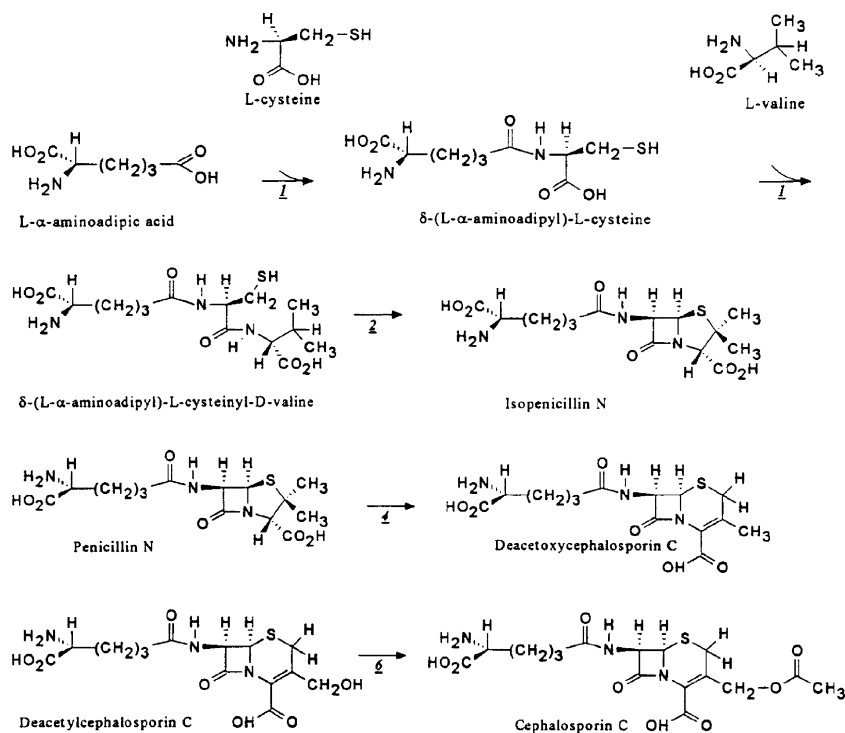


Abb. 1: Die Biosynthese von Cephalosporin C

dieser Vorstufe aus dem Endprodukt ist sehr aufwendig. Bei der Ermittlung des optimalen Rührerdurchmessers spielen daher neben den Energiekosten auch die Isolierungs- und Reiningungskosten des Produktes eine Rolle.

Will man die Produktivität erhöhen, muss man den Engpass der Biosynthese identifizieren und versuchen ihn zu erweitern. Dazu wurde die Zellmasse aufgeschlossen und die Konzentrationen der Zwischenstufen und intrazellulären Enzymaktivitäten der Biosynthese *in vitro* bestimmt.

Da in der aufgeschlossenen Zellmasse alle Enzyme anwesend sind und sich die Enzymaktivitäten teils erheblich unterscheiden, ist es sehr schwierig quantitative Ergebnisse zu erzielen. Durch die anwesenden Enzyme werden die Vorstufen umgesetzt und durch die freigesetzten Proteasen die Enzyme angegriffen und abgebaut. Bei der Bestimmung der Enzymaktivitäten muss die Proteaseaktivität reduziert werden. Des Weiteren muss die Aktivität bestimmter Enzyme der Biosynthese selektiv inhibiert werden. So ist die Aktivität von Isopenicillin-Synthetase, das Enzym für die zweite Synthesestufe, um drei Größenordnungen höher als die Aktivität von ACV-Synthetase, das Enzym für die erste Stufe. Daher liess sich ACV nicht nachweisen. Es war nötig, das Isopenicillin-Synthetase selektiv zu inhibieren, um die Kinetik des ACV-Synthetase zu bestimmen. Systematische Untersuchungen waren notwendig zur Auswahl geeigneter Enzyminhibitoren, da auf diesem Gebiet noch keine großen Erfahrungen vorlagen. Der Verlauf der Aktivität von ACV-Synthetase und die Konzentration von ACV während der Kultivierung wurden bestimmt. Zuerst steigen beide an. Nach 70 Stunden beginnen beide sich zu vermindern. Auch die Aktivitäten der anderen Enzyme wurden bestimmt. Die Aktivitäten von Isopenicillin-Synthetase und Acyltransferase sind sehr hoch und die von Expandase und Hydrolase recht gering. Die ACV-Synthese ist der wichtigste Engpass der Biosynthese. In einer späteren Phase verursachen die geringen Aktivitäten der Expandase/Hydrolase einen zweiten Engpass.

Man versucht die Engpässe durch die Erhöhung der Aktivität von ACV-Synthetase und die von Expandase/Hydrolyse mit Gentechnik zu erhöhen. Da die Regulation der Biosynthese, insbesondere die Steuerung der Aktivität dieser Enzyme noch unbekannt ist, lässt sich durch Erhöhung der Enzymaktivitäten noch keine wesentliche Verbesserung erreichen.

Eine mögliche Erhöhung der ACV-Synthese könnte durch die Steigerung der Konzentrationen der Edukte dieser Reaktion erfolgen. Die intrazelluläre Konzentration der Edukte als Funktion der Kultivierungszeit weist darauf hin, dass sie recht gering sind. Daher versuchte man die Produktbildung durch Änderung der Zusammensetzung des Substrates zu verbessern. Durch die Erhöhung der Valin-, Alanin- und Serinkonzentrationen liess sich eine sehr hohe Produktkonzentration und Ausbeute erreichen.

Um die Steuerung und Optimierung des Prozesses zu erleichtern, wurde das Wachstum des Pilzes und die Produktbildung mathematisch modelliert. Mit Ausnahme der Produktkonzentration nach 80 Stunden stimmen die berechneten mit den gemessenen Daten gut überein. Die Abweichung der Cephalosporin C Konzentration in der späten Phase ist bedingt durch eine chemische, d.h. nichtenzymatische Hydrolyse von Cephalosporin C, die im Modell nicht berücksichtigt wurde. Berücksichtigt man diese Reaktion, so stimmen die gemessenen und berechneten Daten gut überein.

Durch systematische Untersuchung der Wechselwirkung zwischen der Biosynthese und den Prozessbedingungen gelang es die Produktkonzentration von 19 auf 26 g l⁻¹ und die Ausbeute von 20% auf 37% zu erhöhen.

Prof. Dr.rer.nat, Dr.h.c. Karl Schügerl
Arnumer Kirchstraße 31
D-30966 Hemmingen

HERBERT WELLING, Hannover

Laser in der Medizin

Braunschweig, 12.10.2001*

Bereits kurz nach seiner ersten Realisierung in den Sechziger Jahren fand der Laser Anwendung in der Medizin zur Therapie bestimmter Hautkrankheiten und zur gezielten Verödung von Blutgefäßen. In den darauf folgenden vierzig Jahren ist der Laser zu einem bedeutenden Instrument der Medizin geworden, dessen Einsatz in vielen Bereichen von Therapie und Diagnose mittlerweile unverzichtbar ist. Durch die Neuentwicklung verschiedenster Lasersysteme mit einem breiten Spektrum an verschiedenen Wellenlängen ist es heute möglich, den geeigneten Laser für die jeweilige Anwendung zu wählen.

Der Vorteil des Lasers gründet sich dabei nicht allein auf die sehr hohen Lichtintensitäten, durch welche ein effizientes Bearbeiten von nahezu beliebigen Gewebearten ermöglicht wird. Aufgrund der extrem guten Fokussierbarkeit und Monochromasie lassen sich die Absorption der Laserstrahlung und somit die erzielbaren Effekte mit äußerster Präzision auf bestimmte Gewebetypen wie beispielsweise Tumore beschränken. Auch Aspekte wie berührungsloses und somit aseptisches Arbeiten mittels des Lasers können zu einer schonenderen Behandlung beitragen. So findet man in der Augenheilkunde gänzlich nicht-invasive Operationstechniken wie zum Beispiel zur Behandlung von diabetischen Netzhauterkrankungen, zu denen eine vergleichbare konventionelle Operationstechnik nicht existiert. In der refraktiven Chirurgie zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten ist der Laser ebenso wie in der Dermatologie nicht mehr wegzudenken. Durch die Möglichkeit, Laserlicht über dünne und flexible Lichtleiter transportieren zu können, sind zudem völlig neue Behandlungs- und Operationstechniken in verschiedensten Bereichen der minimal-invasiven Chirurgie erschlossen worden.

Auch in der Diagnostik kann der Laser erhebliche Beiträge leisten. Zu nennen wären die Früherkennung von Tumoren über Fluoreszenzanregung und die optische Tomographie zum Aufspüren von Brustkrebs oder Gehirnblutungen. Doch auch in der Labordiagnostik sind eine Vielzahl von Analysetechniken mittlerweile laserbasiert.

Zusammenfassend stellt die Lasermedizin einen stetig wachsenden Bereich dar, der über die Entwicklung und Erforschung neuer Lasersysteme und Wechselwirkungsmechanismen immer wieder Impulse in Richtung neuartiger Behandlungs- und Diagnosemöglichkeiten geben kann.

Prof. Dr. Herbert Welling
Nogatweg 13
D-30916 Isernhagen

* Kurzfassung eines Vortrages gehalten in Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

DIETER KIND, Braunschweig

Über die aktuelle Bedeutung der Messunsicherheit

Hannover, 08.06.2001*

Die Entwicklung der Weltwirtschaft zu einem globalen Markt hat in den letzten Jahren des 20. Jahrhunderts für die in den einzelnen Ländern zuständigen Nationalen Metrologieinstitute eine neue Herausforderung gebracht, da die weltweit angestrebte Einführung eines Qualitätssicherungssystems nach ISO eine verbindliche gegenseitige Anerkennung von Messergebnissen erfordert. Jedes Land muss daher eine den Anforderungen gerecht werdende metrologische Infrastruktur besitzen.

Die internationalen Normen der Reihe ISO 9000 und ISO-GUIDE 25 fordern für jedes Messergebnis den Nachweis einer Rückführbarkeit (traceability) auf nationale oder internationale Normale. Das bedeutet, dass eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen bis hinauf zu den Primärnormalen aufgebaut werden muss. Diese Bedingung gilt für alle relevanten Teile der jeweiligen Skala. Es ist also notwendig, ein hierarchisches System von den Arbeitsnormalen der Anwender bis zu anerkannten internationalen Normalen aufzubauen [1].

Die führenden Metrologieinstitute haben bisher in eigener Verantwortung die Gleichwertigkeit ihrer Ergebnisse durch Vergleichsmessungen untereinander sichergestellt. Zum Abbau von Handelshemmnissen werden nunmehr hierfür auch allgemein akzeptierte Strukturen und Verfahren verlangt. Zukünftig muss daher die schon bisher bestandene Zusammenarbeit auf höchstem Genauigkeitsniveau mehr formal gestaltet werden.

In diesem Zusammenhang haben die Nationalen Metrologieinstitute eine wesentliche Rolle übernommen. Das Konzept basiert auf vereinbarten Bezugswerten, die aus internationalen Vergleichsmessungen („key-comparisons“) zwischen ausgewählten Primärnormalen abgeleitet werden. Die auf diese Weise ermittelten Referenzwerte zusammen mit der zugehörigen Messunsicherheit werden als zum jeweiligen Zeitpunkt beste Annäherung an den SI-Wert angesehen. Mit der Unterzeichnung eines „*Mutual recognition agreement*“ (MRA) im Herbst 1999 fand ein handelspolitisch wichtiger, wegen der Berührung der Autonomie der nationalen Institute allerdings auch schwieriger Internationaler Abstimmungsprozeß ein gutes Ende [2]. Die von den einzelnen Teilnehmern an den Vergleichsmessungen erzielten Messergebnisse und die daraus bestimmten Referenzwerte können von jedermann über das Internet dem „*BIPM key comparison database*“ entnommen werden [3].

Wenn in diesem globalen Konzept von *Messergebnissen* die Rede ist, so ist hierbei immer gemeint, dass mit einem *Messwert* stets auch die zugehörige *Messunsicherheit* angegeben sein muss. Ohne deren Angabe ist ein bewertbarer Vergleich nicht möglich.

* Kurzfassung eines Vortrags gehalten in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Die Messunsicherheit ist ein „dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte“ [4]. Aus dieser recht unbestimmten Formulierung erkennt man die Notwendigkeit, das Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit international zu vereinbaren. Dies ist auf der Grundlage der mathematischen Statistik mit der ISO-Publikation „*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*“, abgekürzt „GUM“, geschehen [5]. Da der Stichprobenumfang begrenzt ist und zudem wesentliche Einflussgrößen nur geschätzt werden können, ist es besonders wichtig, dem Anwender das Verfahren möglichst gut verständlich darzustellen und durch Beispiele eine Hilfestellung zu geben.¹

Als ein Beitrag hierzu wird das in Regelungstechnik und Elektrotechnik übliche Verfahren zur Berechnung des transienten Übertragungsverhaltens von linearen Elementen auf die Berechnung von Messunsicherheiten erweitert [6]. Dazu wird die Bedeutung einer Übertragungsfunktion auf die Fortpflanzung von Messabweichungen übertragen und ein „statistischer Übertragungsfaktor“ eingeführt. Damit kann die in der Regel mehrstufige Messeinrichtung einschließlich der das Ergebnis beeinflussenden Parameter in vielen Fällen als Kettenschaltung aus Funktionsblöcken dargestellt und behandelt werden. Das Verfahren ist insbesondere auch dann anschaulich anwendbar, wenn die Messgröße selbst eine Streuung besitzt.

Die Koordination der von den Nationalen Metrologieinstituten zu leistenden Aufgabe, einen objektiven und transparenten Vergleich von Messergebnissen weltweit zu sichern, obliegt dem Internationalen Büro BIPM der Meterkonvention in Paris. Einmal mehr hat damit diese Organisation 125 Jahre nach ihrer Gründung bewiesen, dass sie durch ihre flexible Struktur neuen Herausforderungen gewachsen ist.

Literatur

- [1] KIND, D.: Stand und Entwicklung der Metrologie. Abhandlungen der BWG, Bd. XLV (1994), S.69-80
- [2] BIPM: Mutual recognition of national standards and of calibration certificates issued by national metrology institutes. Paris 1999
- [3] <http://www.bipm.org/>
- [4] DIN: Internationales Wörterbuch der Metrologie, 2.Auflage 1994, Beuth Verlag
- [5] ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1993 (Deutsche Übersetzung: Beuth-Verlag 1995)
- [6] KIND, D.: Die Kettenschaltung als Modell zur Berechnung von Messunsicherheiten. PTB-Mitteilungen 111 (2001), H. 4, S. 338-341

¹ In Heft 3 und 4 der PTB-Mitteilungen, Bd. 111 (2001) ist eine Reihe von Arbeiten zu diesem Thema erschienen

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Kind
Knapstraße 4
D-38116 Braunschweig

ALFRED MÜHLBAUER, Hannover

Modellierung industrieller Prozesse zur Züchtung von Silicium-Einkristallen

Braunschweig, 12.10.2001*

Einkristallines Silicium (Si) ist seit Jahrzehnten das meistverwendete Basismaterial für die Herstellung von Halbleiterbauelementen. Diskrete Bauelemente und integrierte Schaltungen werden dabei auf Wafern produziert, die aus stabförmig gezüchteten hochreinen und hochperfekten Einkristallen hergestellt werden. Etwa 95% der Einkristalle werden gegenwärtig nach dem *Czochralski* (CZ)- Verfahren aus dem Tiegel gezogen, während der verbleibende Anteil nach dem *Floating-Zone* (FZ)- Verfahren tiegelfrei hergestellt wird. CZ-Si wird vorwiegend für die Produktion mikroelektronischer Schaltkreise verwendet, FZ-Si hingegen für leistungselektronische Bauelemente.

Der in der Industrie ungebrochene Trend zur Vergrößerung der Waferfläche und damit der Einkristalldurchmesser von heute 300 mm für CZ- und 200 mm für FZ- Material ist mit einer ganzen Reihe von großen Herausforderungen entlang der Prozesskette (Einkristallzüchtung, Waferherstellung, bis hin zur Fertigung der Bauelemente) verbunden. Eine rein empirische, vorwiegend auf Experimente gestützte Weiterentwicklung der Einkristall-Ziehverfahren ist wegen der komplexen gegenseitigen Abhängigkeit der Parameter und den hohen Anforderungen an die strukturelle Perfektion der Kristalle sehr schwierig, zeitaufwändig und damit auch besonders teuer. Hier bietet die mathematisch-physikalische Modellierung ein hervorragend geeignetes Mittel über die numerische Nachbildung der Züchtungsprozesse die Verfahrensentwicklung signifikant zu unterstützen. Die Einwirkungen zusätzlicher und neuartiger Maßnahmen lassen sich vorherbestimmen, geeignete Modellketten entwickeln und damit Hinweise für eine optimierte Kristallzüchtung liefern.

Beim Tiegelziehverfahren nach *Czochralski* sind mit dem Übergang der Kristalldurchmesser von 200 mm auf 300 mm, was gleichbedeutend ist mit einer Erhöhung der Schmelzenmasse von etwa 120 kg auf 300 kg und mehr, große Anforderungen an die Zieh-Apparatur, die Kristallqualität und an die Wirtschaftlichkeit des Prozesses verbunden. Diese lassen sich mit der bisherigen Züchtungstechnologie nicht erfüllen. Neben einer angepassten thermischen und konstruktiven Auslegung der neuen Ziehanlagen werden vor allem von einer kontaktlosen externen Strömungsbeeinflussung durch elektromagnetische (EM) Felder zusätzliche Möglichkeiten zur Prozessgestaltung erwartet. Die Kenntnis des Einflusses einer solchen magnetfeldinduzierten Konvektion auf den Wärme- und Stofftransport in der Si- Schmelze ermöglicht den zweckmäßigen Entwurf und den erfolgreichen Einsatz entsprechender felderregender Induktoren. Untersucht werden einige Induktor-

* Kurzfassung eines Vortrages gehalten in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

anordnungen, die nicht rotierende axialsymmetrische Wechselfelder zu erzeugen gestatten. Diese sind prinzipiell auch für den Einbau in industrielle CZ- Anlagen geeignet.

Für die Analyse der Auswirkungen derartiger Felder wird ein System von Simulationsprogrammen eingesetzt, mit dem die elektromagnetischen, hydrodynamischen und thermischen Verhältnisse innerhalb der Si-Schmelze nachgebildet werden können. Die Berechnungen erfolgten in axialsymmetrisch-zweidimensionaler Näherung. Das Programmsystem wurde eingehend anhand von Vergleichen mit Versuchsergebnissen aus einer CZ-Modellanlage getestet, die mit einer niedrig schmelzenden Legierung (InGaSn) betrieben wird. Die Vergleichsergebnisse zeigen, dass die Simulationsprogramme insbesondere in den für industrielle Ziehprozesse relevanten Parameterbereichen zuverlässig arbeiten. Zudem konnte die Eignung der verwendeten LowRe- Turbulenzmodelle nachgewiesen werden.

Zur Beurteilung der Wirkung der EM- Felder wurden geeignete Vergleichswerte mit engem Bezug zu den Anforderungen an den Ziehprozess und die Kristallqualität herangezogen. Dazu gehören hohe Ziehgeschwindigkeiten, die ein Maß für die Wirtschaftlichkeit des Prozesses sind, die Lage des OSF (Oxidation Induced Stacking Fault)- Rings sowie der Sauerstoffgehalt im wachsenden Kristall. Wegen der komplexen Abhängigkeit und der Nichtlinearität der Vorgänge in der Schmelze wurde für jedes der betrachteten Felder eine Vielzahl von Werten für die Einflussparameter untersucht. Die betrachteten Parameter umfassen die Tiegeldrehzahl, die Kristalldrehzahl, die elektrische Durchflutung der Magnetfeld- Induktoren sowie die Frequenz des Induktorstroms.

Die prinzipiellen Zusammenhänge des Einflusses externer, kontaktlos wirkender EM- Felder auf die Schmelzenströmung werden dargestellt. Insbesondere das Zusammenwirken von azimuthaler und meridionaler Schmelzenströmung sowie der Wärmetransport in der Umgebung der Kristallkante und seine Bedeutung für die Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit werden analysiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse liefern zusammen mit den Simulationsergebnissen ein anschauliches Bild von den Vorgängen in der Schmelze bei der Verwendung von regelbaren EM- Feldern. So wird gezeigt, dass die Auswahl bestimmter Kombinationen der elektrischen Durchflutung in den Induktoren und der Tiegeldrehzahl ganz entscheidend ist für die Gewährleistung günstiger Wärmetransportverhältnisse in der Umgebung der Kristallkante im Hinblick auf hohe Ziehgeschwindigkeiten. Das EM-Wanderfeld nach unten erweist sich schließlich als der vielversprechendste Feldtyp, da sich mit ihm neben einer Steigerung der Ziehgeschwindigkeit auch der Sauerstoffgehalt im Kristall erhöhen und seine axiale Homogenität verbessern lassen.

Ein weiterer Schritt bei der Entwicklung der Simulationsprogramme für den CZ- Prozess ist die Einbeziehung transients Vorgänge. Insbesondere durch die Analyse von Fluktuationen der Temperatur und der Strömungsgeschwindigkeit unter der Kristallisationsfront können weitergehende Aussagen zur Stabilität des Ziehprozesses abgeleitet werden. Um einen Zusammenhang zwischen diesen Fluktuationen und der Versetzungsbildung herzustellen, bedarf es der Weiterentwicklung der physikalischen Vorstellungen und der mathematischen Modelle. Eine enge Verknüpfung der numerischen Simulation mit den Ergebnissen experimenteller Untersuchungen ist hierfür unabdingbar.

Der Einsatz dreidimensionaler Simulationsprogramme als ingenieurtechnisches Werkzeug wird derzeit allerdings durch den hohen Bedarf an Rechnerkapazität und Berechnungszeit erschwert. Jedoch wird gerade im Hinblick auf eine präzise Modellierung des Sauerstofftransports der in großformatigen Tiegeln ausgeprägt turbulent strömenden Schmelze die dreidimensionale transiente Simulation in Zukunft unerlässlich sein.

Auch für das *Floating-Zone*-Verfahren, bei dem der polykristalline Vorratsstab über einen Flachinduktor aufgeschmolzen und die entstehende Schmelzzone stabil gehalten wird, hat sich die Prozesssimulation als wichtiges Mittel für die Weiterentwicklung und Verbesserung dieses tiegelfreien Züchtungsverfahrens etabliert. Die entwickelte Modellkette beinhaltet die Berechnung aller Phasengrenzen der flüssigen Zone, inklusive der Berechnung des EM- und des Temperaturfeldes der gesamten Anordnung. Ebenso werden die laminare Strömung und das Temperaturfeld in der Schmelze wie auch das Konzentrationsfeld der Dotierstoffe an der Kristallisationsfront transient berechnet und die sich darauf ergebenden makroskopischen und mikroskopischen Profile des elektrischen Widerstands im Einkristall ermittelt. Die erhaltenen Ergebnisse wie Geometrie der Phasengrenzen, Temperaturfluktuationen in der Schmelze und Widerstandsschwankungen im Einkristall wurden mit experimentellen Daten verglichen und zeigen eine gute Übereinstimmung.

Auch für den FZ-Prozess wurde der Einfluss zusätzlicher EM-Felder detailliert untersucht. Hierbei galt es die Homogenität der Dotierstoffverteilung im Kristall sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch entscheidend zu verbessern und so die Herstellung von Kristallen und Wafern mit möglichst homogener Widerstandsverteilung zu ermöglichen. Verschiedene Feldtypen mit unterschiedlicher Erregung und Frequenz wurden erfolgreich untersucht und jene Kombinationen ermittelt, die das gesteckte Ziel am besten zu erreichen gestatten. Eine unter Praxisbedingungen durchgeführte Erprobung bestätigte die Vorhersage in befriedigender Weise, sodass auch bei der Einkristallzüchtung nach dem FZ-Verfahren mittels zusätzlicher magnetfeldinduzierter Konvektion eine signifikante Prozessverbesserung erreicht werden konnte.

P. WRIGGERS, Hannover

Rechnergestütztes Materialdesign

Braunschweig, 09.11.2001*

Gegenstand des Vortrages ist die Entwicklung von computerorientierten Methoden für das Design und das Verstehen von Materialeigenschaften. Dabei wird von Untersuchungen auf der Mikro-Skala ausgegangen, um das Materialverhalten durch einfachere Modelle auf dieser Skala zu beschreiben und durch Homogenisierungsprozesse schließlich zu komplexeren Modellen der Makro-Skala zu gelangen. Diese Untersuchungen dienen mehreren Zwecken. Zum einen können so Herstellprozesse simuliert werden. Dies ist im Bild 1 für Neopolen gezeigt, wo ein Haufen loser Partikel während des Herstellvorganges zusammengepresst und verklebt wird.

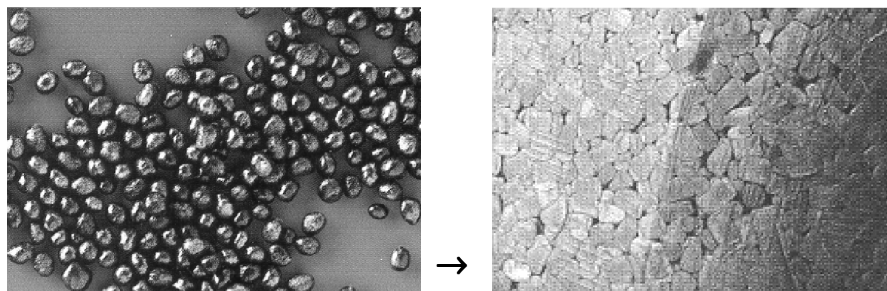


Bild 1: Klebprozess von Neopolen.

Zum anderen kann man Experimente und das Versagensverhalten von Proben besser verstehen, wenn diese von einer Mikro-Makro-Simulationsrechnung begleitet werden. Darüber hinaus ist es möglich, weitere Feldgleichungen – wie bei thermo-hygro-chemischen Prozessen – in die mechanischen Feldgleichungen einzubeziehen und so gekoppelte physikalische Phänomene wie Schädigung durch Korrosion oder Wärmeentwicklung in den Materialgleichungen zu berücksichtigen.

Um bei solchen Modellen erfolgreich zu sein, muss eine statistische Auswertung mit Homogenisierungsstrategien verknüpft werden. Letztere erfordern die Wahl eines repräsentativen Volumenelementes (RVE), das die Größen-Effekte eliminiert. Dies ist in Bild 2

* Kurzfassung eines Vortrags gehalten in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

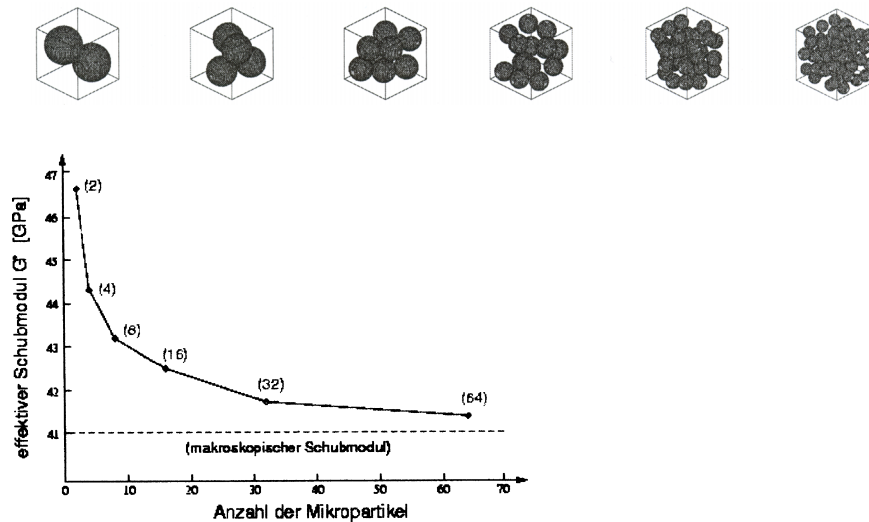
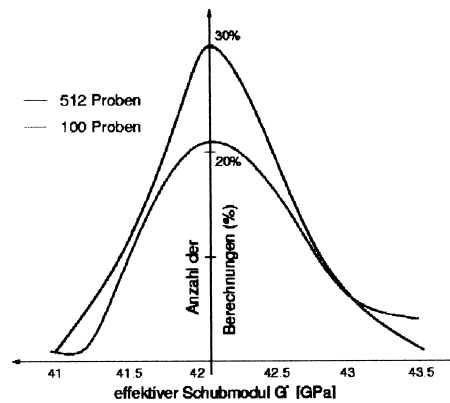


Bild 2: Konvergenzstudie: effektiver Schubmodul bezüglich der Anzahl der Partikel im RVE.

für die Berechnung des effektiven Schubmoduls als Materialparameter eines heterogenen Materials dargestellt, bei der die Anzahl der Partikel bei gleicher Volumenfraktion (Verhältnis zwischen Matrix- und Partikelmateriale) erhöht wurde. Man erkennt deutlich, dass die numerische Simulation erst bei einer Anzahl von 64 Partikeln bezüglich des effektiven Schubmoduls konvergiert. Numerisch gesehen ist eine derartige Berechnung sehr aufwendig, da auch die Konvergenz der Finite-Element-Näherungslösung nachzuweisen ist. Hierzu sind mindestens 5000 Unbekannte pro Partikel erforderlich, was bei 32 Partikeln bereits zu 160.000 Unbekannten führt. Jedoch kann man hier eine iterative Lösungsstrategie einschlagen, die es ermöglicht eine lineare Berechnung mit der oben angegebenen Unbekanntenzahl in 1 Minute auf einem PC durchzuführen, siehe auch [1]. Um statistisch repräsentative Ergebnisse für die Materialparameter zu erhalten, sind diese weiterhin noch für verschiedene Verteilungen der Partikel in der Mikrostruktur zu bestimmen. Dies führt z. B. auf die in Bild 3 dargestellte Verteilungsfunktion des effektiven Schubmoduls μ^* , die für 100 bzw. 512 verschiedene Verteilungen der Partikel in der Matrix berechnet wurde.

Die auf numerischem Wege bestimmte Lösung mit dem Mittelwert $\mu^* = 42,1$ GPa kann durch die klassischen Schranken von Voigt und Reuss mit den Grenzwerten: $30,8 < \mu^* < 57,7$ und durch die verbesserten Hashin-Shtrikman Schranken mit den Grenzen $35,4 < \mu^* < 45,6$ für linear elastisches Material eingegrenzt werden.

Diese Methodik wird nun auf die Prozess-Simulationen des in Bild 1 dargestellten Klebevorganges angewendet. Die numerische Lösung erfolgt mittels der ALE Methode auf Basis der Methode der finiten Elemente. Wenn die Partikel während des Kompressionsprozesses in Kontakt kommen, wird von einem Verkleben ausgegangen, bei dem sich die

Bild 3: Verteilungsfunktionen des effektiven Schubmoduls s_m^* .

Partikel nicht mehr voneinander trennen können. Der eigentliche Diskretisierungsprozess soll hier nicht detailliert wiedergegeben werden, er findet sich u.a. in [1]. Das Ergebnis einer Beispielrechnung findet sich im Bild 4, das den Klebeprozess von 20 Partikeln für eine maximale Zusammendrückung von 25 % darstellt. Weiterhin ist in diesem Bild die totale vertikale Reaktionskraft über der Kompression aufgetragen. Man kann aus dem Diagramm die infolge der fortschreitenden Verklebung ansteigende Steifigkeit erkennen. Aufgrund der Verklebung behält das komprimierte Material die gewonnene Steifigkeit beim Entlasten.

Die vorgestellte Methodik muss noch weiterentwickelt werden und ist durch experimentelle Ergebnisse zu untermauern. Jedoch ist man mit dem entwickelten Werkzeug in der Lage Prozess Simulationen durchzuführen und erhält damit genaueren Einblick in die Abläufe der Prozesse und der entstehenden inneren mechanischen Beanspruchungen im neu geschaffenen Werkstoff.

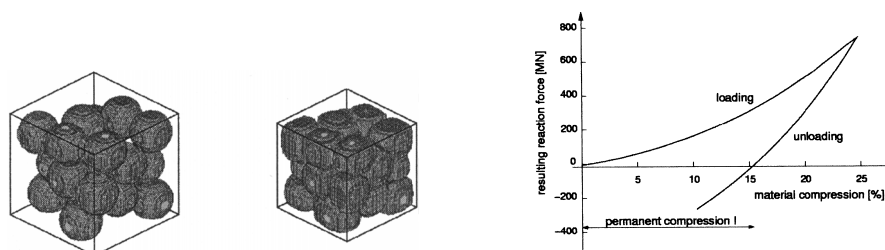


Bild 4: Ausgangs- und Endkonfiguration, sowie Reaktions-Kompressions-Diagramm.

Literatur:

- [1] T. I. Zohdi, P. Wriggers, Computational Micro-Macro Material Testing, Archives of Computational Methods in Engineering, **8**, 131-228, 2001.

Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers
Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik
Universität Hannover · IBNM
Appelstraße 9 A · D-30167 Hannover

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG 18. MAI 2001

ÖFFENTLICHE WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

ROLAND VOLLMAR, Karlsruhe*

Seit wann gibt es Informatik?¹

1. Zur Vorgeschichte

Für die Beantwortung der Titelfrage ist es entscheidend, was unter „Informatik“ zu verstehen ist – und darüber herrscht noch nicht einmal unter den Inhaberinnen und Inhabern entsprechender Lehrstühle Konsens. Ich werde versuchen – vor allem im Interesse der Nicht-Fachleute – mit allgemeinverständlichen Anwendungen das Gebiet pointillistisch zu zeichnen.

Die Frage „seit wann gibt es ‘Informatik’?“ ist einfach zu beantworten.

Nach Görke [6] wurde „Informatik“ seit 1968 als Entsprechung von „Computer Science“ publizistisch verwendet.

„Vorher existierte das Wort in Deutschland nur als Warenzeichen der Firma SEL für elektrotechnische Maschinen und Anlagen. So hatte diese Firma bereits 1957 ein „Informatik-System“ zur automatischen Auftragsbearbeitung für ein Großversandhaus entwickelt und übergeben und für die Produktion und Entwicklung ein „Informatikwerk“ aufgebaut, das mehrere Jahre bestand [...]. Von K. Steinbuch stammt aus dem gleichen Jahr ein Fachaufsatz „Informatik: automatische Informationsverarbeitung.“ (Görke [6])

Aber unsere Frage zielte ja wohl etwas „tiefer“, nämlich darauf, den Ursprung des Faches bzw. der Wissenschaft ins Licht zu rücken. Der Name „Robert Piloty“ hätte bereits fallen können, er war nämlich Mitarbeiter im Informatikwerk der SEL. Ins Zentrum unserer Betrachtungen rückt er jedoch mit der Einführung des Studiengangs Informatik: Herr Piloty war nämlich Vorsitzender eines Ausschusses des Bundesministers für wissenschaftliche Forschung, der in einer Sitzung am 19.1.1968 (Donth [4]) empfahl, an „einigen geeigneten Hochschulen, vorzugsweise an solchen, die sowohl über elektrotechnische als auch mathematische Fakultäten bzw. Abteilungen verfügen [...] die Einrichtung eines Studiengangs Informatik“ zu fördern.

Herr Piloty beließ es nicht bei dieser Empfehlung, sondern engagierte sich auch nachhaltig als Vorsitzender des Ausschusses „Einführung von Informatik-Studiengängen“ hin-

* Vortrag im Rahmen des wissenschaftlichen Kolloquiums anlässlich der Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille.

¹ Wir konzentrieren uns hier auf die Informatik in Deutschland, was auch bedeutet, daß wir nicht diskutieren, in welchem Verhältnis die in den USA als „Computer Science“, „Computing Science“, „Computer Engineering“ oder gar „Information Science“ bezeichneten Disziplinen zur Informatik stehen, und auch die einschlägigen geschichtlichen Tatsachen werden wir höchstens streifen.

sichtlich der inhaltlichen Ausgestaltung der dann schnell gegründeten Informatik-Forschungsgruppen. Dabei leistete der Bund mit dem „Überregionalen Forschungsprogramm Informatik“ einen entscheidenden, nicht nur finanziellen Beitrag.

2. Zum Computer führende Entwicklungsstränge

Als spontane Antwort auf die Frage nach der Eigenheit der Informatik wird man wohl meist „der Computer“ zu hören bekommen. Ich werde versuchen zu erläutern, warum ich diese Auffassung teile. Im Zusammenhang mit der Beschreibung des Einflusses, den die Informatik auf andere Fächer und auf unser tägliches Leben ausübt, werde ich meine Gründe dafür darlegen.

Was ist nun ein „Computer“? Eine naheliegende Umschreibung ist die eines „Rechenautomaten“. Der Begriff des „Automaten“ führt uns zurück bis zum klassischen Griechenland; so wurden von Homer in der *Illias* u.a. sich autonom bewegende Dreifüße geschildert. In diesem Bereich sind erstaunliche Produkte anzutreffen, von astronomischen Uhren bis zu den anthropoiden Automaten der frühen Neuzeit. Von denen des Altertums unterscheiden sie sich – außer durch ihre exaktere Fertigung – vor allem durch ihre Multifunktionalität. Und hierbei tritt etwas ans Licht, was für unsere späteren Betrachtungen wesentlich sein wird, nämlich die Steuerung durch verschiedene, allerdings feste Programme.

Bei der Schaffung dieser Automaten mag der menschliche Spieltrieb Pate gestanden haben, sie entsprachen aber auch philosophischen Strömungen und lieferten mit dem „Uhrwerk“ ein häufig benutztes Modell. Im 19. Jahrhundert setzt sich eine rationalistische Zielsetzung durch.

Sehr früh gab es auch das Bemühen um die Konstruktion von Geräten, die der Erleichterung bzw. der Unterstützung geistiger Tätigkeiten des Menschen dienen sollten.

Neben dem Abakus ist als wohl ältestes in diese Sparte gehörendes Gerät das von Raimundus Lullus (1235-1315) aus dem 13./14. Jahrhundert bekannt geworden.

Aus heutiger Sicht ist der Nutzen als gering einzuschätzen. Erwähnt werden muß Lullus aber allein schon wegen seines Einflusses, vor allem auf Gottfried Wilhelm Leibniz. Dabei sind hier nicht dessen epochalen Erfolge bei der Schaffung der Differential- und Integralrechnung und auch nicht sein Entwurf einer Rechenmaschine zu nennen, sondern seine bis ins 20. Jahrhundert weitgehend unbeachtet gebliebenen Skizzen zu einem „Logik-Kalkül“. Erfolgreicher bei der Algebraisierung der Logik waren de Morgan und Boole. Weitergeführt wurde dieser Weg u.a. von Frege, Peano, Russell und Whitehead. Mit ihren Ergebnissen war eine Mechanisierung der Logik, d.h. auch, die Ausführung logischer Schlüsse durch Maschinen möglich geworden.

Aber bereits im 19. Jahrhundert wurden zu diesem Zweck Spezialgeräte konstruiert, die jedoch nicht sehr hilfreich waren und auch keine größere Aufmerksamkeit erregten.

Ein nicht viel anderes Schicksal teilten die ersten Rechenmaschinen.

Wilhelm Schickard (1592-1635) wird heute die (erste?) Konstruktion einer funktionierenden mechanischen 4-Spezies-Rechenmaschine zugeschrieben.

Das Wissen um die Schickardsche Maschine war schnell verlorengegangen.

Blaise Pascal (1623 - 1662), dem lange der Bau der ersten Rechenmaschine zugeschrieben wurde, baute zur Unterstützung der Rechnungen seines Vaters, eines Steuerpächters, mehrere 2-Spezies-Maschinen.

Ob die von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) entworfene 4-Spezies-Maschine aus dem Bemühen um eine Verbesserung der Pascalschen resultierte, wird mir aus der Literatur nicht klar.

Mit Rechenmaschinen haben wir Geräte aufgeführt, die in gewissem Sinne Algorithmen einfacher Art, nämlich die vier arithmetischen Operationen, ausführen können. Eine Mehr-Spezies-Maschine läßt sich als ein Mechanismus betrachten, der auf Grundoperationen basiert und durch unterschiedliche Einstellung Verschiedenes bewirken kann. Nach der Eingabe von Zahlen wird rein „mechanisch“ (auch im übertragenen Sinne) das Ergebnis erhalten – eine Eigenschaft, die auch für Computer charakteristisch ist.

Ein nächster Schritt zum Computer ist der Einsatz der Programmsteuerung. Wohl die einfachste Art, ein (festes) Programm zu materialisieren, ist das Fertigen einer Stachelwalze. Eine sozusagen komplementäre ist die Lochkarte, die vor allem durch ihren Einsatz zur Steuerung von Webstühlen bekannt wurde. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts erreichten die von Jacquard verbesserten eine beachtliche Verbreitung.

„Die erste Anwendung dieses Datenträgers auf die Steuerung von Informationsverarbeitungs-Prozessen stammt von Babbage, der 1833 Lochkartenbänder für die Ausführung von Operationen- und Datensequenzen für seine ‘Analytical Engine’ vorsah.“ (Güntsch [9])

Und damit kommen wir auf Charles Babbage (1791 - 1871) zu sprechen, ein lange Zeit in Vergessenheit geratenes Genie.

Zur „Analytical Engine“, die von ihm ebensowenig wie die „Difference Engine“ fertiggestellt wurde, kann hier nur gesagt werden, daß sie alle Elemente eines modernen programmgesteuerten Rechenautomaten enthielt, nämlich Ein- und Ausgabegeräte, Steuerwerk, Rechenwerk und Speicher. Betrieben werden sollte sie mit Dampf. Bez. ihrer „Universalität“ sei nochmals Güntsch [9] zitiert:

„Damit war Babbage dem Konzept eines universalen Rechenautomaten heutiger Prägung [...] schon außerordentlich nahe. Wobei der wichtigste Gedanke, daß Programmabläufe wesentlich von Daten, insbesondere Eingangsdaten, abhängen können, klar formuliert ist, aber auch die letztlich entscheidende Einsicht, daß Programme Information, Daten sind, die ihrerseits wieder als Objekte von Programmabläufen transformiert werden können, klingt bei Babbage an [...].“

Lassen Sie uns jetzt einen großen zeitlichen Sprung machen zu Konrad Zuse (1910 - 1995). Er kannte weder Babbages Arbeiten noch die darauf aufbauenden als er sich bereits als Student des Bauingenieurwesens Mitte der 30er Jahre Gedanken über eine Mechanisierung der in diesem Fach notwendigen umfangreichen Rechnungen machte. Er nahm sich des Problems sehr grundsätzlich an, legte sich sehr früh auf das Dualsystem und eine Gleitkommadarstellung fest und entwickelte u.a. eine Schaltalgebra.

Nach dem Bau der Z1 und der Z2 stellte er vor ziemlich genau 60 Jahren, nämlich am 12. Mai 1941, mit der Z3 den ersten funktionstüchtigen, programmgesteuerten, frei programmierbaren Rechner vor.

Wenn dieses Ereignis entsprechend gewürdigt oder überhaupt von einem größeren Kreis zur Kenntnis genommen worden wäre, hätte damit die Informatik in Deutschland starten können.

Zuse allein war nämlich auch danach sehr aktiv: Er baute die Z4, die er auf abenteuerlichen Wegen 1945 ins Allgäu brachte und deren Vermietung an die ETH Zürich ab 1950 ihm die finanzielle Grundlage für seine Firma „ZUSE KG“ (übrigens nicht seine erste) lieferte. In der Zwischenzeit hatte er mit der Schaffung des „Plankalküls“ – im Manuskript 1945 fertiggestellt, aber zunächst unveröffentlicht – eine weitere epochale Leistung vollbracht, nämlich die Festlegung der ersten höheren Programmiersprache. Spätestens mit dieser Arbeit wird auch deutlich, daß es Konrad Zuse sehr wohl bewußt war, daß seine Maschinen *nicht nur als Unterstützung beim Rechnen* eingesetzt werden konnten, sondern daß sie geeignet waren, *Datenverarbeitung* in einem umfassenden Sinne zu betreiben: U.a. hat er Sortier-, Graphen- und sogar Schachspiel-Algorithmen entwickelt.

Meiner Überzeugung nach war mit dem möglichen Einsatz von Maschinen zur Symbolmanipulation *der* entscheidende Schritt zur Etablierung der Informatik getan

Und damit sind wir auf einen Entwicklungsstrang zu sprechen gekommen, der m.E. besondere Aufmerksamkeit verdient: die Lochkartenmaschinen, die seit ihrem erfolgreichen Einsatz bei der USA-Volkszählung 1890 durch Herman Hollerith (1860 - 1929) großen Erfolg hatten. Weiterentwickelt wurden sie aufgrund von Forderungen der Wirtschaft: „... die alphabetische Ausstattung war eine direkte Antwort auf das Bedürfnis, Namen, Adressen und alphabetische Beschreibungen auf den auszugebenden Listen zu drucken; ...“ (Aspray [2])

Wenn ich auch diesem Zweig für die späteren Erfolge der Informatik eine hohe Bedeutung beimesse, trug er m.E. sehr wenig zur Etablierung des Faches bei. Dies geschah vielmehr durch die Pionierarbeiten in Darmstadt, Dresden, Göttingen und München, von denen wir nur den Münchner Weg ganz kurz streifen können. Bei ihm stehen die Konzeption und der Bau der PERM am Anfang. Wir gehen darauf ein, weil die Münchner Arbeiten nahtlos in eine starke Informatik mündeten, im Gegensatz zu denen in Darmstadt und Göttingen.

Weitreichende Folgen hatte die Befolgung des „ersten Leitgedankens“ von Hans Piloty [11]:

„Wir halten unsere Aufgabe angesichts des bereits hohen Standes der Technik für so schwierig, daß sie die *Zusammenarbeit* eines mathematischen und eines elektrotechnischen Instituts [...] notwendig macht. Es ist mir eine besondere Freude gewesen, auch meinen mathematischen Kollegen, Herrn Professor *Sauer*, für diesen Gedanken gewonnen zu haben [...]“.

Unter der Projektleitung von Robert Piloty wurde die PERM dann realisiert, wobei H.O. Leilich für den Trommelspeicher, W.E. Proebster für das Rechenwerk und von seiten der Mathematik F.L. Bauer und K. Samelson u.a. für die Programmierung in einem umfassenden Sinne zuständig waren.

Aus dieser Liste allein wird klar, welche Bedeutung die PERM-Entwicklung *über das Schaffen eines Rechners hinaus* hatte.

Auf unserer Zeitskala sind wir jetzt in der zweiten Hälfte der 50er Jahre angekommen. Von den Universitäten werden Wünsche nach Rechenanlagen insbesondere bei der DFG vorgebracht. Dabei spielt auch die ZUSE KG mit der Maschine Z22 nochmals eine bedeutende Rolle. An den Hochschulen bilden nun – vor allem diese – Rechner Kristallisationskeime für das sich entwickelnde Gebiet der Informatik.

3. Eigenarten des Faches

Jetzt war der Computer bekannt, und Anfang der 60er Jahre sind Computer in Industrie, Wirtschaft und in der Wissenschaft in breiterem Einsatz, jedoch dauert es noch etwa 10 Jahre bis das Fach Informatik an mehreren Hochschulen vertreten ist.

Woran liegt das?

Genügt ein – wenn auch komplexes – technisches Gebilde zur Begründung einer Wissenschaft?

Betrachten wir dazu einmal Autos: Sie sind geradezu allgegenwärtig, sie beeinflussen entscheidend die Wirtschaft, sie ersparen dem Menschen Zeit, sie sind (einigermaßen) zuverlässig und sie sind, bezogen auf ihre Leistung, billig.

Es gibt aber keine Wissenschaft, die sich ausschließlich mit Autos beschäftigt, sondern man widmet sich ihnen innerhalb des Maschinenbaus.

Worin liegt der Unterschied zum Computer?

In dem einführenden Informatik-Lehrbuch von Goldschlager/Lister [7] ist außer drei kennzeichnenden Eigenschaften von Computern, nämlich

- Geschwindigkeit
- Zuverlässigkeit
- Kosten,

die auch für Autos gelten, als viertes Merkmal

- die Fähigkeit zur Speicherung großer Informationsmengen genannt. Zusätzlich erwähnt werden muß ihre
- Fähigkeit, (codierte) Algorithmen auszuführen

Um zu klären, warum ich diese letzten beiden Punkte insbesondere in ihrer Kombination für essentiell halte, will ich kurz auf den Begriff des „Algorithmus“ zu sprechen kommen.

Zunächst einmal ist zu betonen, daß der Algorithmus nicht Neues ist, sondern in der Mathematik seit den Griechen bekannt ist. Allerdings stand er nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen bis in der Grundlagenkrise der Mathematik im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts die Notwendigkeit einer Präzisierung dieses Begriffes offensichtlich wurde.

In den 30er und 40er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden mehrere Vorschläge dazu gemacht, die sich alle als (beweisbar) äquivalent herausstellten und von denen der 1936 von A.M. Turing präsentierte der – gerade in Verbindung zu den erst später entwickelten Computern – m.E. anschaulichste ist. Turing [15] schlug ein abstraktes Modell vor, später als Turingmaschine bezeichnet.

Es besteht inzwischen weitestgehend Einigkeit darüber, daß die Turingmaschine ein adäquates Modell für den Begriff der Berechenbarkeit darstellt. Dies findet seinen Ausdruck z.B. in der Church-Turing-These, die besagt, daß alles, was im intuitiven Sinne berechenbar ist, auch mit einer Turingmaschine berechnet werden kann und umgekehrt.

Von besonderer Bedeutung für die Informatik war Turings Beweis der Existenz einer sog. universellen Maschine.

Eine universelle Maschine kann alle (berechenbaren) Funktionen berechnen, wenn sie als Eingabe nicht nur die Argumente erhält sondern auch eine Beschreibung des Programms für eine zu berechnende Funktion. Sie kann – in heutiger Sprechweise – eine beliebige Turingmaschine „simulieren“.

Folgerichtig bezeichnet man als Universalrechenautomaten einen Computer, der in der Lage ist, einen beliebigen anderen Computer zu simulieren, d.h. dieselben Ergebnisse zu erhalten wie dieser. John von Neumann, der die Turingsche Arbeit kannte, hat dies wohl als erster explizit formuliert; er wies darauf hin, daß es keinen prinzipiellen Unterschied zwischen Programm und Daten gibt.

4. Zum Einsatz von Computern

Unsere Diskussion über den Einsatz von Rechnern und ihr Einfluß auf unsere Gesellschaft sei mit einem Zitat eines Philosophen eröffnet. Max Bense schreibt 1955 [3]: „Nicht die Erfindung der Atombombe ist das entscheidende technische Ereignis unserer Epoche, sondern die Konstruktion der großen mathematischen Maschinen [...]. Diese Feststellung begründet sich auf der Tatsache, daß die Technik mit ihnen einen neuen Aufgabenbereich, fast möchte man sagen: einen neuen Sinn gewonnen hat.“

Nachdem wir die Herausbildung der Universal-Rechenautomaten und die Formalisierung des Algorithmusbegriffes und ihre Beziehung zueinander skizziert haben, werden wir aufzeigen, warum Computer in der Industrie, der Wirtschaft und der Wissenschaft einen solch breiten Einsatz gefunden haben. Dabei ist hervorzuheben, daß die Verbreitung ungleich weniger durchgreifend gewesen wäre, wenn nicht zuerst durch die Transistorisierung und dann durch die fortschreitende Miniaturisierung aus den geradezu monströsen Rechnern, bezogen auf Größe und Preis, fingernagelgroße und wenige hundert Mark teure Prozessoren geworden wären.

Der Ausdruck „Universalrechenautomat“ ist nicht nur in der o.a. „technischen“ Bedeutung gültig, sondern liefert zugleich einen Hinweis auf seine Einsatzmöglichkeiten: Am ausführlichsten wollen wir darauf eingehen, welche Änderungen durch die Rechner in der Wissenschaft bewirkt wurden, weil sie m.E. exemplarisch auch für die anderen Bereiche sind. In der Wissenschaft, vor allem an den Universitäten, wurde der Rechner zunächst seiner Bezeichnung entsprechend eingesetzt. „Der Bau der ERMETH hatte eine primär instrumentelle Funktion: Es ging darum, das ‘programmgesteuerte Rechnen’ und mit ihm die angewandte Mathematik zu fördern, und dazu brauchte man einen Computer.“ (Furger, Heintz [5])

Aiken [1] ist vor allem am Einsatz bei der Lösung physikalischer Probleme interessiert.

John von Neumann [17] sieht 1954, als er sich schon etwa zehn Jahre mit Rechnern und ihren Anwendungen befaßt hatte, einen breiteren Einsatzbereich:

„Wie Sie wissen, ist der Zweck einer Rechenmaschine lediglich, eine menschliche Tätigkeit, die man selbstverständlich auch ohne maschinelle Hilfe durchführen könnte, nämlich das Lösen von mathematischen Problemen durch Rechnen, zu beschleunigen [...]“.

Er deutet in den folgenden Passagen auf eine m.E. höchst bedeutsame Nutzung des Rechners hin, nämlich *Modelle* zu bearbeiten, sowohl Modelle physischer Strukturen oder Prozesse, wirtschaftlicher Abläufe oder abstrakt gegebener Systeme. Mein früh verstorbener Kollege V. Cherniavsky identifizierte gar die Informatik mit „interpretierbarer Modellierung“.

Ein anderer, für die Durchsetzung der Rechner entscheidender Punkt ist der des „Höflichmachens“ numerischer Lösungen – im Gegensatz zu „geschlossenen Lösungen“ der (vormaschinellen) Mathematik.

Auch dieser Aspekt wird in dem Vortrag John von Neumanns angesprochen, allerdings drückt er sich vorsichtig aus.

Aber es wurden nicht „nur“ numerische Lösungen akzeptiert in Fällen, in denen analytische nicht erreichbar waren, sondern auch Probleme wurden mit exakten Methoden behandelbar, z.B. im Zusammenhang mit Matrizen, an deren Lösung in der vor-maschinellen Zeit ihrer schiereren Größe wegen nicht zu denken war – natürlich trug auch das rapide steigende Speichervolumen dazu bei. So sind z.B. Gleichungssysteme (sogar nichtlineare) mit mehreren Millionen von Unbekannten, wie sie z.B. im Maschinenbau bei Finite-Element-Methoden auftreten, lösbar geworden.

Noch ein anderer wichtiger Punkt wurde durch von Neumann angesprochen:

„Nun gibt es Fälle, wo man durch Linearisierung recht viel verliert. In diesen Fällen wird man jetzt, wo man nunmehr auch einfach direkt ‘durchrechnen’ kann, nicht mehr linearisieren.“

Zusammengefaßt: Die Verfügbarkeit von Rechnern führte zu grundlegenden Änderungen in der Methodik der Angewandten Mathematik und hatte z.B. den Einsatz von Monte-Carlo-Methoden und von probabilistischen Algorithmen zur Folge.

Die Nutzung von Rechenanlagen in der Wirtschaft ergab sich fast zwangsläufig: Große und mittlere Unternehmen waren an den Einsatz von Lochkartenmaschinen gewöhnt, und so verlangten die größeren Möglichkeiten, die sich durch ihren Anschluß an Rechenautomaten boten, kein entscheidendes Umdenken. Zunächst stand die Automatisierung der Buchhaltung, der Lohnabrechnung und dann des gesamten Bestell- und Rechnungswesens an, wobei *ein* zentraler Rechner das Herz bildete. Neben dieser geradezu konsequenten Übernahme von Geschäftsabläufen in Computer, werden sie auch für neuartige Aufgaben eingesetzt, von denen hier nur exemplarisch ein „Elektronisches Auskunftssystem über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen im Luftverkehr“ genannt sei, übrigens der Titel eines Aufsatzes von R. Piloty und H. Zschekel im 1. Heft der „Elektronische Rechenanlagen“ 1959 [12].

Die Einbeziehung von Methoden des Operations Research und der Prozeßautomatisierung führte und führt zu immer mächtigeren Systemen, wobei auch solche zu nennen sind, die zur Neuentwicklung höchst komplexer technischer Produkte durch vernetzte, global positionierte Teams beitragen.

Hinter dem Begriff der „Prozeßautomatisierung“ steckt ebenfalls eine ungeheuer erfolgreiche Entwicklung, bei der der Rechnereinsatz das integrative Element zwischen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik darstellt.

Rechner, insbesondere in ihrer geringfügig modifizierten Form als Prozeßrechner, erlauben vor allem durch ihre Geschwindigkeit, ihr Speichervolumen und die Fähigkeit nicht-linear zu regeln, einen wesentlichen Sprung. Sie werden zur Steuerung und Regelung von Produktionsabläufen, in praktisch allen Bereichen eingesetzt. Mit der Fähigkeit der Computer zur Bildverarbeitung und Mustererkennung erweiterten sich die Nutzungsfelder, wobei vor allem auch im militärischen Bereich naheliegende Anwendungen zu finden sind. Dort machte man von Spezialrechnern, wie z.B. dem *Colossus* in England, frühzeitig Gebrauch beim „Knacken“ von verschlüsselten Nachrichten und generell beim Chiffrieren und Dechiffrieren, wie überhaupt die moderne Kryptologie ohne Rechner nicht denkbar ist.

Weniger spektakulär, aber von größerem Einfluß auf unser tägliches Leben sind die Rechner in den sog. „eingebetteten Systemen“. In Haushalts- und Bürogeräten, in der Unterhaltungselektronik, in Geräten zur Unterstützung bei Behinderungen oder auch in Autos sind eine große Zahl von Rechnern vorhanden, ohne daß wir sie zu Gesicht bekämen oder sie sonst bewußt wahrnehmen könnten.

5. Charakteristika von Computern

Die Andeutungen des vorigen Abschnittes sollten ausreichen, um klar gemacht zu haben, daß die zu Beginn geschilderten Entwicklungsstränge im Computer zusammenlaufen.

Stellen wir kurz die verschiedenen Fähigkeiten von Computern und die daraus resultierenden Anwendungsmöglichkeiten zusammen:

Der Computer ist

- eine symbolverarbeitende Maschine und läßt sich damit z.B. zu Buchhaltungszwecken als Auskunftssystem, zur Programmübersetzung und zu linguistischen Untersuchungen einsetzen
- eine Rechenmaschine, die dank ihrer Geschwindigkeit und ihres Speichervolumens die Möglichkeiten zur Modellierung und damit Beherrschbarkeit komplexer Systeme ungeheuer erweitern half
- eine logische Maschine, die (in noch bescheidenem Umfang) Beweise finden kann und in Interaktion mit dem Menschen diesen Vorgang unterstützt
- ein Automat, der versehen mit Sensoren und Aktuatoren, z.B. autonom (als Roboter) handeln kann und mit dem Menschen über Sprachein- und -ausgabe kommuniziert
- ein Medium als Teil des Internet.

6. Verschiedene Auffassungen vom Fach

In diesem Abschnitt wollen wir – aus Zeitgründen sehr verkürzt – auf unsere Ausgangsfrage zurückkommen. Ich versuchte meine Auffassung von der Wichtigkeit des Computers für die Informatik dadurch zu erklären, daß ich u.a. auf die Auswirkungen, die seine Verbreitung mit sich brachte, ausführlich einging. Diese Sicht wird aber nicht allgemein geteilt. Es wird Sie sicherlich nicht wundern, daß der Begriff „Informatik“ im Verlauf der letzten dreißig Jahre beachtliche Wandlungen erfuhr, wie unschwer an den Inhalten der Informatik-Curricula deutscher Universitäten zu erkennen ist. Ich will einige Zitate anführen, die Ihnen einen Eindruck von der Spannweite der Auffassungen vermitteln sollen.

Wenn ich auch auf der herausragenden Bedeutung des Computers für die Informatik insistere, möchte ich die Informatik doch breiter verstanden wissen als dies Rechenberg [14] tut:

„Die Informatik ist auf das engste mit dem Computer [...] verknüpft. Solange es keine Computer gab, gab es auch keine Informatik, und manchmal wird die Informatik sogar als die Wissenschaft vom Computer definiert.“

Goos [8] geht deutlich weiter:

„Wir sehen heute die wesentlichen Aufgaben der Informatik in der Analyse, dem Entwurf und der Realisierung komplexer, diskreter Systeme sowie in der Anpassung solcher Systeme an gegebene Einsatzbedingungen.“

Im folgenden Zitat (Wilhelm [18]) wird zunächst eine lange Zeit weit verbreitete Sicht genannt, dann aber auf die Beherrschung komplexer Prozesse verwiesen:

„Üblicherweise bezeichnet man als Informatik die Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Erkennung, Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Information unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verarbeitung in digitalen Rechnersystemen [...]. Ihre besondere Bedeutung liegt [...] in der Entwicklung und Bereitstellung von Methoden zur Beherrschung und effizienten Nutzung hochkomplexer Prozesse und Strukturen.“

Die geradezu enthusiastische Auffassung von Hartmanis [10] beschließe meine Zitatsammlung:

„Computer science differs so basically from the other sciences that it has to be viewed as a new species among the sciences [...]. Computer science deals with information, its creation and processing, and with the systems that perform it [...]. Thus computer science is laying the foundations and developing the [...] scientific methods for the exploration of the world of information and intellectual processes that are not directly governed by physical laws. This is what sets it apart from the other sciences [...].

[...] we can say that computer science is the engineering of mathematics (or mathematical processes). In these terms we see very strongly that it is a new form of engineering.

I am deeply convinced that we should not try to draw a sharp line between computer science and engineering and that any attempt to separate them is counterproductive.“

Dieser Einschätzung von Hartmanis stimme ich rückhaltlos zu (und vertrete sie auch nicht erst seit heute (s. z.B. Vollmar [16])). Eine Abgrenzung zu den „Elternwissenschaften“ der Informatik, wozu Mathematik, Elektrotechnik und Physik zählen, mag während der Identitätsfindung einer Wissenschaft und eines Faches während einer gewissen Zeit der Reife notwendig sein. M.E. ist die Informatik aber dieser Phase entwachsen.

Ebenfalls teile ich die Auffassung von Williams [19], der sinngemäß sagt, daß man fast jedes Ereignis, ordnet man ihm nur genügend Attribute zu, zu einem „ersten“ (seiner Art) deklarieren kann. Deshalb muß ich konsequenterweise Ihnen die Beantwortung meiner Titelfrage überlassen.

Literatur

- [1] H. AIKEN: Proposed automatic calculating machine (previously unpublished memorandum), IEEE Spectrum 62-69, 1964, Zitiert nach Randell [13], 191 - 197
- [2] W. ASPRAY (Ed.): Computing Before Computers, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1990
- [3] L. COUFFIGNAL: Denkmaschinen, Klipper, Stuttgart, 1955
- [4] H. H. DONT: Der Aufbau der Informatik an Deutschen Hochschulen, Elektronische Rechenanlagen, 26, 1984, 223-228
- [5] F. FURGER & B. HEINTZ: Wahlfreiheiten - Frühe Computerentwicklung am Beispiel der Schweiz, In: D. Siefkes, P. Eulenhöfer, H. Stach, K. Städtler (Hrsg.), Sozialgeschichte der Informatik, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1998, 231-253
- [6] W. GÖRKE: Zur Entstehung des Fakultätentags Informatik, In: 25 Jahre Fakultätentag Informatik 1973 - 1998, Universität Karlsruhe, 1998, 7-23
- [7] L. GOLDSCHLAGER & A. LISTER: Informatik - Eine moderne Einführung, Hanser, München, 1984
- [8] G. GOOS: Vorlesungen über Informatik, Band 1. Grundlagen und funktionales Programmieren, Springer, Berlin, 1995
- [9] F. R. GÜNTSCH: Geschichte der Informationstechnik, Vorlesungsskript, Universität Karlsruhe (TH), 1991
- [10] J. HARTMANIS: Turing Award Lecture: On computational complexity and the nature of Computer Science, ACM Computing Surveys, 27, 1995, 7-16
- [11] H. PILOTY & R. PILOTY: Leitgedanken, Ziel und Stand der Münchener Entwicklung In: L. Biermann (Hrsg.) Vorträge über Rechenanlagen, Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen, 1953, 8-15
- [12] R. PILOTY & H. ZSCHEKEL: Elektronisches Auskunftssystem über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen im Luftverkehr, Elektronische Rechenanlagen, 1, 1959, 6-16
- [13] B. RANDELL (Ed.): The Origins of Digital Computers - Selected Papers, Springer, Berlin, 2nd ed., 1975
- [14] P. RECHENBERG: Was ist Informatik?, Hanser, München, 1991
- [15] A. M. TURING: On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem, Proc. London Math. Soc. 42, 1936, 230-265 *und* On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem, A correction, Proc. London Math. Soc. 43, 1937, 544-546

- [16] R. VOLLMAR: Grenzüberschreitende Informatik? Techn. Bericht 1999-16, Universität Karlsruhe, Karlsruhe, 1999
- [17] J. VON NEUMANN: Entwicklung und Ausnutzung neuerer mathematischer Maschinen Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, 45, 1954, In: J. von Neumann, Collected Works (ed. by A. H. Taub), Pergamon Press, Oxford, 1963, vol. V, 248-287
- [18] R. WILHELM: Informatik, Beck, München, 1996
- [19] M. WILLIAMS: The first computers, Vortrag im Rahmen des Symposiums „Sechzig Jahre Computergeschichte – Die Rechenmaschine Z3 von Konrad Zuse“ Berlin, 11.5.2001

Prof. Dr.-Ing. Roland Vollmar
Universität Karlsruhe (TH)
Am Fasanengarten 5
D-76128 Karlsruhe

DOMINIQUE BORRIONE, Grenoble, France

On the Development of Hardware Description Languages

I. Introduction and Essential Concepts

Hardware description languages (HDL's) were invented in the late sixties as a means to describe, document, and communicate the description of digital system designs. And initially there was not necessarily an implementation. For example, the PMS and ISP languages were invented by Bell and Newell as the support for the description of computer architectures, in their famous book [BN71].

Soon thereafter, compilers were written, and hardware description languages were used as input to automatic design software:

- simulators have made it possible to consider HDL models as virtual prototypes for the verification and the performance evaluation of designs,
- hardware descriptions written in HDL's were used for macro-code generation, automatic synthesis (initially the selection of IC's, placement and routing on-board), test pattern generation and design-rule checking

The first hardware description languages inherited notions and syntax from the programming languages of the sixties. The way of writing identifiers and declarations, the distinction between formal and actual parameters of functions and procedures came from PL1 and Algol. Operators taking as arguments vectors and arrays came from APL. Yet, some significant differences distinguish hardware description languages from programming languages, among which some of the most obvious ones are:

- successive statements are sequential in programming, they are concurrent in HDL's,
- wires and registers are distinct value holders in HDL's while there is a single notion of variable in programming,
- the reference to past values of carriers is a systematic capability of many HDL's, this notion is unknown in programming,
- the notion of the rising edge and falling edge of a signal which means an event with no duration has been invented in HDL's,
- HDL's often provide an explicit sequencing control model: automata, Petri nets, ...

Figure 1 shows the example of a combinational comparator written in VHDL. The circuit takes two 32-bit inputs A and B, and two 1-bit outputs AGRB and ALTB, which provide the comparison result according to the following conventions:

AGRB = 1 if $a > b$,	AGRB = 0 and ALTB = 0 if $a = b$,
ALTB = 1 if $a < b$,	AGRB = 1 and ALTB = 1 is impossible.

* Invited presentation at the Colloquium of the Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in the honor of Professor Robert Piloty, Braunschweig, May 18, 2001

Example

```
entity COMPARE is
  port ( A, B: in Bit_vector ( 0 to 31 );
        AGRB, ALTB: out Bit );
end COMPARE ;
```

```
architecture SPEC of COMPARE is
begin
  AGRB <= '1' when A > B else '0' ;
  ALTB <= '1' when A < B else '0' ;
end SPEC ;
```

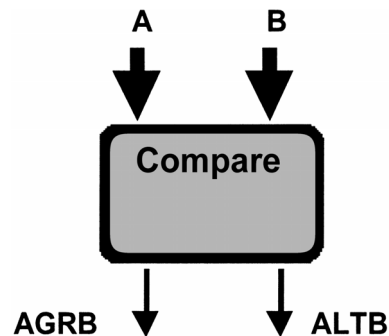


Figure 1

The VHDL description of the 32-bit comparator is divided in two parts : (1) the first part, called *e n t i t y*, describes the input-output interface of the circuit; (2) the second part, called *a r c h i t e c t u r e*, is the description of the inside of the box. *A r c h i t e c t u r e* and *e n t i t y* in pair constitute a component. Thus, the architecture called *S P E C* is one possible implementation for the comparator, whose input output interface is given by entity COMPARE. The architecture itself is described in dataflow style: each output (AGRB and ALTB) is concurrently assigned with a conditional expression which gives its value, according to the comparison of the bit-vectors A and B.

Figure 2 gives a behavioral description of the comparator, again in VHDL. Within a process, an algorithm describes the behavior specified above. It is written in a kind of programming language, in the sense that inside the process the statements are sequential. However, the figure displays a characteristic of hardware description: the process is triggered by each change of value of either A or B and executed. In other words, the process is sensitive to any event on the signals A and B considered input to the process.

```
architecture ALGORITHMIC of COMPARE is
begin
  Comploop: process (A, B)
    variable L, G: Bit ;
  begin
    L := '0' ; G := '0' ;
    for i in 0 to 31 loop
      if A(i) and not B(i) then G := '1' ; exit ; end if ;
      if not A(i) and B(i) then L := '1' ; exit ; end if ;
    end loop ;
    AGRB <= G ; ALTB <= L ;
  end process ;
end ALGORITHMIC ;
```

Figure 2

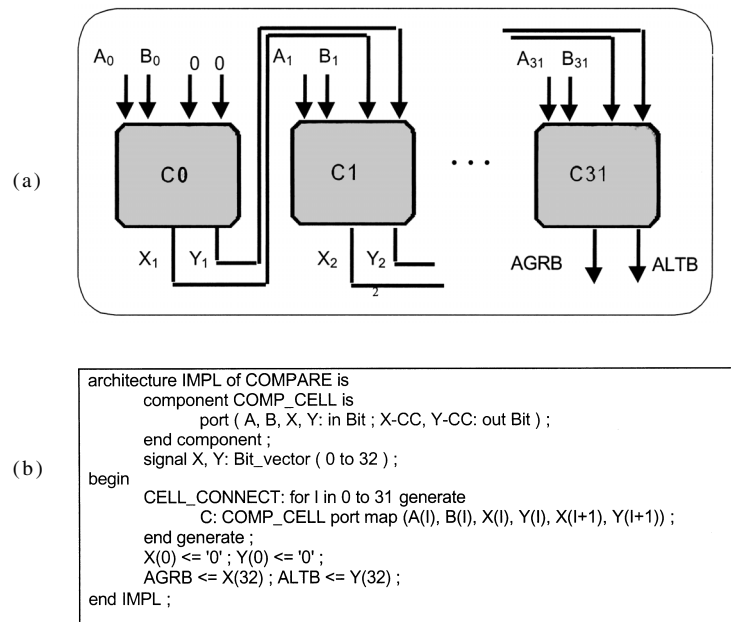


Figure 3

A possible implementation of the comparator is shown on Figure 3. It is given as a structural decomposition in terms of 32 1-bit comparison cells, the result of each cell being propagated as input to the next one. This structural architecture is described in VHDL by the text of Figure 3-b where the cell is declared as a component with four 1-bit inputs and two 1-bit outputs, and the repetitive interconnection of cells is shown in the generate loop which is in fact a macro-generation statement.

Finally the basic cell can further be composed in terms of a gate network using the usual logic gates as shown on Figure 4. As a result, the overall architecture is a two-level hierarchy with gates as most elementary components.

Figures 1 to 4, exhibit some of the basic concepts of hardware description languages:

- The notion of an interface which is shared between the component and its environment, and constitutes the only visibility and communication between the inside of the component its environment.
- The notion of multiple descriptions of the inside of the component with respect to its interface.
- The distinction between structural, dataflow and behavioral description.

All these concepts have been systematically defined and identified in the syntax of the VHDL standard. However, it took over 20 years to make these concepts so evident.

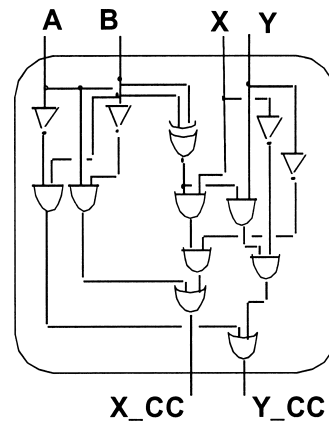


Figure 4

II. A brief history of HDL's

The historical development of hardware description languages is now recalled. The first period between 1966 and 1973 saw the discovery of the essential concepts for isolated design levels: the gate network level, the register transfer level and the micro-program level (then called the procedure level). The precursors in the USA have been LOTIS, CDL, DDL, AHPL, LOGAL, PMS, ISP, SDL, ALERT, LALSD [CHDL74, CDD92]; and in Europe: RTS1[Pi69], CASSANDRE[ME73]. The semantics of these hardware description languages were given in words, in terms of equivalent circuits or equivalent gates, and the timing aspects using chronograms.

From 1973 to 1978, primitives common to more than one design level were identified. The temporal and memory properties of various kinds of carriers were distinguished from their value types. The semantics of the languages were given in terms of their simulation. Among the languages that displayed new features : HILO[FMS75] was based on a large number of primitive functions, DIGITEST2[Ra75] had a control graph, CSL had a large number of primitive carrier types, ERES [BKS74] and RTS3[Pi75] had both a functional and a network structure, LASCAR[Bo75] introduced the abstraction from the bit data type.

During the period 1976-1985, languages became multi-level[Ha93, MN93, Ra93, MMR98]; it became evident that a single language could not alone serve all designers and all purposes, and extension mechanisms were added to the language primitives. It became obvious as well that a standardization of the ways of writing and understanding hardware descriptions was necessary. The first standardization effort was started in 1973, producing the CONLAN report [PBB83], leading the way to what became VHDL.

Between 1985 and 1995, two languages, VHDL[Ie87,Ie93] and Verilog[Ie95], were approved as IEEE standards. Formal semantics appeared for hardware description languages.

These languages became bigger and bigger with the development of mixed mode analog and digital languages and simulators[BL87]. Object orientation was added to the previous primitives and there was a come-back of graphical for well-known structural and control concepts.

The current period, started in 1993, has seen the widespread use of the two standards, with analog extensions (VHDL-AMS, Verilog-A). Both languages have become so large and so simulation-oriented that many primitive statements have no hardware semantics. Working groups were formed to define synthesizable sub-sets and synthesis-oriented libraries to provide standardized restrictions acceptable to automatic synthesis tools[Le99]. On the other side, these languages now provide a link to other paradigms: software modules for hardware-software co-design, externally defined environment behaviors for system-on-chip design. Fast simulation and rapid prototyping are the key requirements for many current designers.

III. From a Babel Tower to a Consensus Language

When the first International Workshop on Computer Description Languages was organized at Rutgers, N.J., USA in 1973, over twenty HDL's were in existence. Each year thereafter, several more have been published, most of which added little conceptual progress to the state of the art. Jack Lipovski, in a famous article [Li77], compared the HDL community to a Tower of Babel, saying: „*Languages for describing hardware have existed since von Neumann described his computer architecture... One of the key problems in the proliferation of rather ineffectual hardware languages has been the success of simulation as a design or analysis tool. Anyone who writes a simulator feels entitled to design his own language... Everyone is talking a different language and nobody is listening...*“

He created and chaired the “Conference on Digital Hardware Languages”, a committee of 60 scientists who aimed to develop a common syntax and set of conventions for the various levels and description tasks, resulting in a “CONsensus LANguage” (Conlan) to express the essential concepts needed for describing digital designs. The original intention was to divide this unified notation into sublanguages, to keep it learnable.

During the first two years of activity between 1973 and 1975, the committee of 60 regularly exchanged memos and ballots by post, to make proposals and vote on the scope, objectives and constructs that were to be included in the consensus language. After two years it was obvious that a more restricted group was needed to finalize the effective definition of the language.

The Conlan working group was formed at the end of 1975, consisting of Robert Piloty (chairman), Yaohan Chu soon replaced by Mario Barbacci, Dominique Borriane, Donald Dietmeyer, Fredrick Hill and Patrick Skelly.

In the absence of international networks, the working group could only communicate by post and during one or two face to face meetings a year. It took the working group until 1981 to arrive at a format and a semantic definition that could be published. The Conlan report was printed early 1983[PBB83].

All the members of the working group were the author of one previous language or had been closely related to the implementation of one such language. It was not easy to find, even among six persons, a common agreement. The real step forward was obtained when Professor Robert Piloty made the proposal to forget about all the constructs and operators voted by the 60 members of the conference, and also forget about the individual languages developed by the working group members. The group had to start from a scratch. Robert Piloty gave the impulse at the third meeting, where he brought a memo proposing: (1) a minimum set of basic principles and (2) a constructive method to define the language from a set of primitive notions which are in essence mathematical set theory. It then took several years to the group to finalize a clean construction, taking this initial idea as starting point.

The innovative idea of the Conlan working group was to define not just a hardware description language, but rather a formal method allowing to define a family of related yet simple hardware description languages. Thus Conlan is having not one but two populations of users:

- the language designers have access to all the concepts and notations defined in Conlan,
- the hardware designers have access to only those primitives which are useful for describing the structure and the behavior of digital systems.

In the following, the courier font is used for Conlan keywords and predefined identifiers; those ending with character “@” are reserved for language definition.

IV. Base Conlan

The common core language from which all the other languages are defined is called Base Conlan (BCL). The main language primitives to describe hardware are now briefly discussed :

- The DESCRIPTION defines the model of a circuit, or a part thereof; one or more instances of a DESCRIPTION can be embedded in an enclosing DESCRIPTION.
- Two constructs are invoked to model behavior: the FUNCTION which returns a value, and the ACTIVITY which modifies one or more parameters (analogous to a procedure, but built with concurrent statements). Operators used in expressions are functions, while the various kinds of assignment are activities.
- A set of primitive statements is provided for repetitive and conditional computations. In particular, there is a uniform syntax for writing conditional statements and expressions (contrary to Verilog or VHDL, see figure 5)
- All objects used in a description must be declared. A TYPE defines a domain of objects, and operations on these objects. A CLASS is a set of types. Two classes are of particular interest: the VALUES and the CARRIERS (value holders).

An additional set of primitives is restricted to the derivation of languages from existing ones, with inheritance, extension and hiding mechanisms.

- The definition of a new TYPE or CLASS may be parameterized with types and classes. It is defined from an existing type, and may carry one, several, or all operations from the parent type. It may also define new operations, and extend the syntax to call these operations with infix operators. Operators may be overloaded.

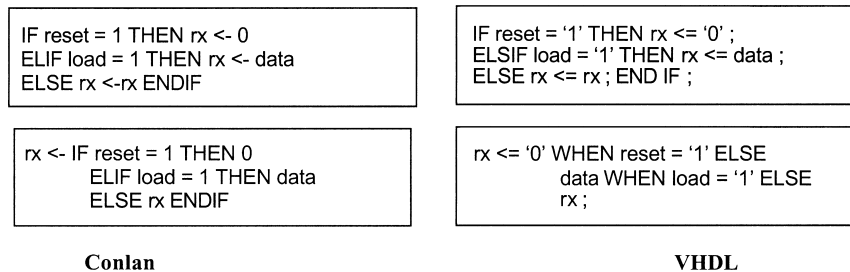


Figure 5: Conditional statement (top) and expression (bottom)

- The language designer may define new grammar rules, or assign new meanings to existing ones.
- Additionally, to specify extensions to the dynamic semantics, operation definitions characterized as INTERPRETER@, are invoked at the end of each computation cycle over the model. This is specially useful to define the memory properties of new carrier types.

Each member language of the Conlan family inherits from BCL facilities to describe the structure and the behavior of hardware, and inherits all or selected data types and operations.

IV . 1. Formal language definition principles

In order to test the extension mechanisms, the Conlan working group defined Base Conlan formally, in terms of a more primitive level called Primitive Set Conlan (PSCL), using only the semantic and syntactic extension mechanisms discussed above. Figure 6 shows the type derivation of BCL from the primitive types of PSCL.

In PSCL, the only available types are:

- the set of all possible values, called the universe of objects: type `u n i v @`,
- the set of integers, with the usual comparison and arithmetic operators: type `i n t`,
- the sequences of characters of arbitrary length, type `s t r i n g`,
- the Booleans, with the usual comparison and logical operators: type `b o o l`,
- the sequences of objects of any type (possibly mixed): type `t u p l e @`,
- the primitive container, parameterized by the type of its value, called the cell: type `c e l l @`.

In addition, PSCL contains one class: the set of all possible types, denoted `any@`.

Subtypes and extended types are defined from these primitive concepts (Figure 6), using the type, function and procedure definition mechanisms of Conlan. The main types of BCL are:

- The positive integers, the natural integers and the interval between two bounds are subtypes of `i n t`.

- The structured data types are formally defined from the notion of tuple: arrays together with their dimension and indexing mechanisms, and records together with their fields.
- With another set of definitions, the notion of computation step and time signals, which correspond to the sequence of values of a signal along computation cycles and real simulated time, are also defined from `tuple@`.
- Finally, from the primitive cell, the basic generic carrier types are derived: `terminal` (representing wires), `variable` (equivalent to the VHDL signal), and `rt-variable` (modeling the elementary master-slave flip-flop). Their definitions include the specification of their memory properties.

Figure 7 illustrates a simple type definition. The domain of type `octal` is a subset of `int` defined by its characteristic property: it is the set of `int` elements between 0 and 7. The comparison functions `equal`, `notequal` are carried from type `int`, but no other arithmetic operator coming from `int` is made available. Function `plus` is redefined. Its result is computed in terms of the `+` and `MOD` operators from `int`: type cast between the parent type and the type being defined is specified using the conversion functions `new` and `old`. Statement `FORMAT@` introduces syntactic and semantic extensions. In this

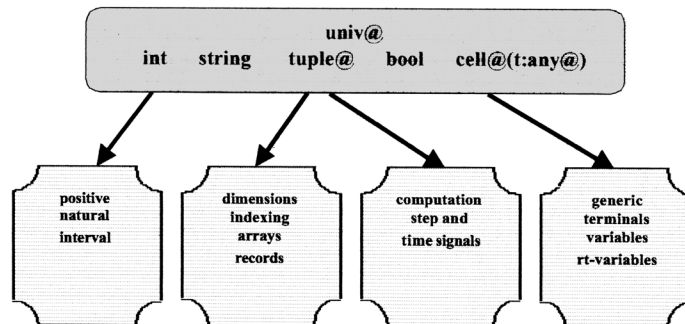


Figure 6: BCL type derivations

```

TYPE octal BODY
  ALL a:int WITH (a >= 0) & (a < 8) ENDALL
  CARRY equal, notequal ENDCARRY
  FUNCTION plus (x, y : octal) : octal
    RETURN new ((old (x) + old (y)) MOD 8)
    FORMAT@ EXTEND expression-5.2
                MEANS plus (@1, @2) ENDFORMAT
  ENDplus
ENDoctal

```

Figure 7: Example Type Definition

example, a new meaning is given to non-terminal `expression - 5.2` (which, in the syntax, expands into an infix call to operator `+`); the effect is to overload `+` to also mean a call to function `plus` on `octal` parameters.

This example shows that a new type is defined from a parent type, but need be neither a strict extension nor a restriction of the parent type.

IV . 2. Conlan model of computation

A Conlan description is based on a synchronous data flow model of computation. Time is divided into units, and all delays in the description are integer multiples of that unit. The interpretation algorithm maintains two global counters: a time counter `t@` and a computation step counter `s@`. As shown on Figure 8, the values held in the carriers of a circuit model are two dimensional sequences of values, called signals in Conlan: each time interval is divided into a sequence of computation steps, of varying number from time interval to time interval. Computation steps are added until the model is stable, i.e. all carriers have identical values in the last two steps.

A computation step consists in executing all concurrent activities in a description. These activities come down to the (possibly conditional) assignment of the next step value of the carriers, as a function of the current step values and past time values of one or more carriers.

Next values <- F(Current values, Past values)

Conceptually, for each time interval, there are as many values in a signal as computation steps. In practice, for a time interval, only the previous step value of a signal is accessible to compute the current step value of this and other signals; step values anterior to the previous one are no longer accessible, and can be removed. Likewise, only the last step value, the stable one, characterizes the value of a signal at a past time interval. Thus, at the end of each computation step, all signals are shrunk, and only one step value is kept.

Conlan has the concept of a `INTERPRETER@ FUNCTION` or `ACTIVITY`. It is the definition, in a type, of an operation executed under the control of the simulator. In particular, each carrier type definition embeds an `INTERPRETER@ ACTIVITY` that defines, in algorithmic form, the actions taken at the end of a computation step, characterizing the temporal behavior of the carrier type. For instance, if not assigned during the step, the carrier may get as step value:

- its previous time interval value (memory over time intervals), type `rt - variable`
- its previous step value (memory from step to step), type `variable`
- or a default value (no memory), type `terminal`.

Thus, BCL is given operational semantics, defined in the language by an abstract simulator.

At the most primitive level, elementary operational semantics of the basic PSCL statements are given by an underlying model of concurrent agents (which shall not be further discussed here).

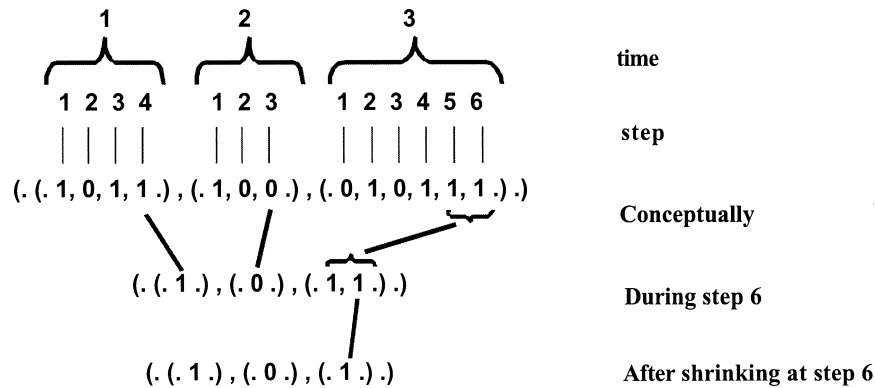


Figure 8: Signal: history of values

IV . 3. BCL as a hardware description language

BCL is not only the basic language layer from which all other languages of the Conlan family are derived, it is a proper HDL in itself. The reader will get a flavor of what writing in BCL looks like, on a famous example: the control algorithm for a drink dispenser machine. A drink costs 35 cents of the U.S.A. dollar. We assume that the machine has a single coin slot, and that the coin recognition mechanism and clock cycle are extremely fast compared to the coin inter-arrival time, so that at most one coin is present and not yet processed. If more than 35 cents has been received, the machine gives some change back, one coin of each kind (dime, nickel) at a time.

Figure 9a shows the interface of the circuit. Each of the three Boolean inputs is set to 1 when a corresponding coin has arrived; at most one of them is 1. Two Boolean outputs correspond to the return of change, and the third output commands the drink delivery.

Figure 9b gives the state transition diagram of the circuit, modeled as a finite state machine (FSM). Starting from the initial state *idle*, each coin leads to the state that tells the accumulation of money received so far. The arrows are labeled with the input that caused the state transition, possibly followed by the outputs positioned as a result, if any (“/” separates inputs and outputs, “D” abbreviates *DRINK*). By default, no transition is taken.

Figure 9c gives excerpts of the behavioral description of figure 9b, written in BCL (for reasons of space, some of the states, which are very similar to the ones fully spelled out, are omitted). REFLAN announces the reference language used, here bcl. DESCRIPTION *drink machine* is followed by the declaration of the interface elements, here of type Boolean *rt_variable* with default value 0. The use of *rt_variable* for interface and the internal carrier *fsm_state* ensures that the model state changes at most once per time unit. TYPE *state_name* defines mnemonics for the FSM states as an enumerated data type, and carries all operators, namely equal and not equal, from the parent type, which in this case is *univ@*.

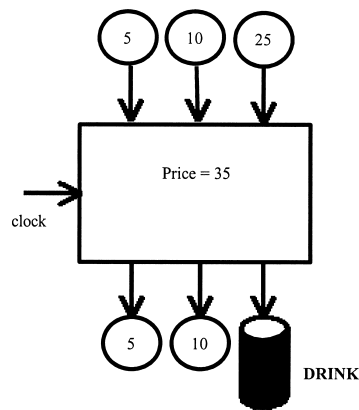


Figure 9a: Circuit interface

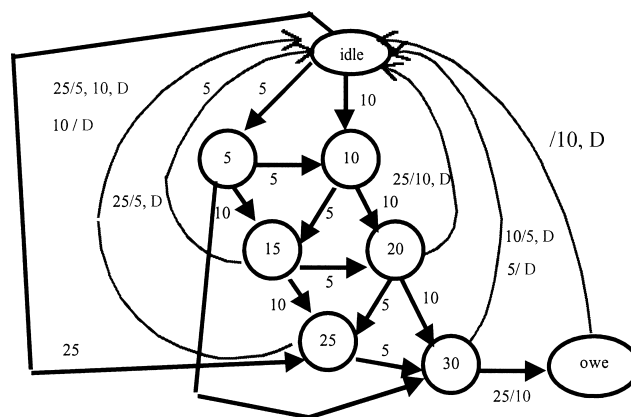


Figure 9b: Drink Dispenser State Diagram

The body of the description is synchronized by the rising edge of the clock, which is expressed by the enclosing IF statement. The condition $\sim clk \% 1 \ \& \ clk$ reads: “not clk delayed one unit of time and clk”, and therefore means “rising edge of clk”. The CASE statement enclosed in the IF describes the control automaton, `fsm_state` holds the current state. For each possible value of `fsm_state`, the next value of `fsm_state` and of the outputs is computed as a function of the inputs. All the assignments executed for any alternative value of `fsm_state` are concurrent (they are separated by commas).

```

REFLANS bcl
DESCRIPTION drinkmachine
( IN clk, reset, nickel, dime, quarter : rt_variable(bool, 0);
  OUT nickel_out, dime_out, drink : rt_variable(bool, 0) )
BODY
  TYPE state_name BODY
  { 'idle', 'five', 'ten', 'fifteen', 'twenty', 'twenty_5', 'thirty', 'owe_dime' }
  CARRYALL
ENDstate_name
DECLARE fsm_state : rt_variable(state_name, 'idle') ENDDECLARE
IF ~clk%1 & clk THEN
  CASE state IS
    'idle':  nickel_out <- 0, dime_out <- 0, drink <- 0,
             fsm_state <- IF nickel = 1 THEN 'five'
                           ELIF dime = 1 THEN 'ten'
                           ELIF quarter = 1 THEN 'twenty_5'
                           ELSE 'idle' ENDIF;

    'five':  ...
    'ten':   nickel_out <- 0, dime_out <- 0, drink <- quarter,
             fsm_state <- IF nickel = 1 THEN 'fifteen'
                           ELIF dime = 1 THEN 'twenty'
                           ELIF quarter = 1 THEN 'idle'
                           ELSE 'ten' ENDIF;

    'fifteen': ...
    'twenty':  ...
    'twenty_5': ...
    'thirty':  nickel_out <- dime | quarter, dime_out <- quarter,
             drink <- nickel | dime | quarter,
             fsm_state <- IF nickel | dime THEN 'idle'
                           ELIF quarter = 1 THEN 'owe_dime'
                           ELSE 'thirty' ENDIF;

    'owe_dime': nickel_out <- 0, dime_out <- 1, drink <- 0,
               fsm_state <- 'idle';
  ENDCASE
ENDIF
ENDdrinkmachine

```

Figure 9c: Drink Dispenser behavioral description in BCL

IV . 4. Conlan implementation

Two projects have implemented the concepts of Conlan (see Figure 10).

The EEC-funded multinational CASCADE project was one of the very first attempts to integrate, in a single language framework, the analog and discrete simulation paradigms [BH83, Me83]. The language definition, the compiler and mixed mode simulator implementation were performed at the University of Grenoble (France), in cooperation with Politecnico di Torino (Italy), under the coordination of Jean Mermet. Three discrete description levels and one constraint specification language were formally derived from BCL:

- CASSANDRE, the logic and bit-vector RTL
- LASCAR, the arithmetic and microprogram level

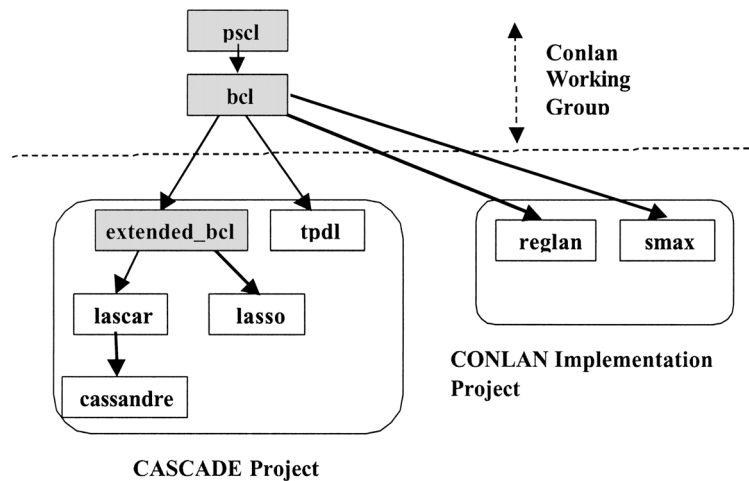


Figure 10: Circuit interface

- LASSO, the behavioral level
- TPD, a “temporal profile description language” for the description of temporal properties [CCC85]

The CONLAN Implementation project, carried out at the Technical University of Darmstadt under the direction of Robert Piloty, has been the only effort to realize the *full* BCL-based description and language definition mechanisms. The project resulted into:

- REGLAN, a HDL formally derived from BCL [MS89, Pi93]
- a compiler front-end generator, including all the language and syntax extension primitives [DLM89]
- IREEN: a language-independent intermediate format [PW88]
- a back-end compiler
- a discrete simulator
- a design data-base system

The REGLAN language and simulation system have been used in Darmstadt to support practical classes on digital systems design. The language extension capabilities have also been used in performing research on HDL-based formal verification, both in Darmstadt where the SMAX language was defined for logic-level reasoning [Ev86], and in Marseille where theorem proving from LASCAR was investigated.

IV . 5. The influence of Conlan on VHDL

The essential principles of Conlan were already published when the VHDL project was started, and they were presented at the IDA workshop that defined the requirements for

VHDL, in the summer of 1981. The syntactic flavor of the two languages is very different, Conlan being Pascal-like, while VHDL is based on ADA. VHDL has benefited from significant advances brought by the ADA language, among which the most innovative in the domain of HDL's are:

- the separation between interface and body in descriptions and packages, and the associated concept of configuration (the constitution of a component as an entity-architecture pair);
- the existence of sequential statements to write algorithmic processes.

Yet, the influence of Conlan is manifest in four semantic features[BPH92, BP93]:

- The two-level model of time, that clearly distinguishes time and computation cycle, is one of the main innovative concepts of Conlan. It has been taken over in VHDL.
- The notion of generic parameter to an entity, that allows to define a family of closely related models, and the static binding of generic parameters at the point of component instantiation, come from generic descriptions in Conlan.
- The type definition of VHDL is a restricted version of the Conlan one. VHDL has a more simple function and operator overloading capability, and no true syntax extension. However, the subtype definition is identical.
- Conlan was the first HDL to introduce an assertion statement, associated either to the interface of descriptions and/or function parameters to check their proper usage by the enclosing environment, or concurrently evaluated with the description statements to observe the design behavior. VHDL took over this idea, adding the ability to issue a user-defined message upon assertion violation.

V. Conclusion

Looking back at the history of Hardware Description Languages, Robert Piloty played a very significant role in the elaboration of concepts and in the structuring of the community of researchers in this area, at the international level.

The most renowned scientific event has been the Conference on “Computer Hardware Description Languages and their applications”, called “CHDL”[CHDL74-93]. The first four venues were organized under the auspices of IEEE and ACM: New Brunswick (New Jersey, USA, 1973), Darmstadt (Germany, 1974), New York City (USA, 1975), Palo Alto (California, USA, 1979). It is worth noticing that Robert Piloty organized and chaired the second conference, the only one of the four which took place outside of the USA.

Extremely active in the International Federation for Information Processing (IFIP), Robert Piloty was a founding member and the German representative in the IFIP Technical Committee number 10 on Computer Hardware in 1976 (now renamed Computer Systems Technology); in 1980, he formed the working group 10.2 on “Digital Hardware Description and Design Tools”, of which he was the first chairman. After its creation, IFIP WG10.2 sponsored and organized the following “CHDL” conferences as a bi-annual event, successively in Kaiserslautern (Germany, 1981), Pittsburgh (USA, 1983), Tokyo (Japan, 1985), Amsterdam (The Netherlands, 1987), Washington D.C. (USA, 1989), Marseille

(France, 1991), Ottawa (Canada, 1993), Chiba (Japan, 1995), Toledo (Spain, 1997). What should have been the 14th venue in 1999 was cancelled for lack of submitted contributions: HDL's had long ceased to be a research topic, and the "CHDL" Conference was more and more dedicated to design tools and formal methods, which its title did not show. In parallel, a more application oriented "Asia-Pacific CHDL" Conference had been formed under the auspices of the same IFIP WG10.2, with meetings in Brisbane (Australia, 1993), Toyobashi (Japan, 1994), Bangalore (India, 1996), Taipeh (Taiwan, 1997), Seoul (Korea, 1998), Beijing (China, 2000). In Europe, the "Forum on Design Languages" has been formed in 1998 as a yearly event in September, focusing on standardization efforts, user experience and tools; meetings were held in Lausanne (Switzerland), Lyon (France) and Tübingen (Germany).

With the standardization of VHDL and Verilog, the availability of efficient synthesis software starting from register transfer level descriptions, and the need for fast simulation, the interest of the scientists shifted away from Hardware Description Languages. HDL's can be considered a mature technology. Hot topics in research include all technological aids to face the challenges of an ever increasing design speed, and short life time of the product. A drastic reduction in design time requires to automate more tasks at higher levels. The real challenges of today are named verification, built-in fabrication test, fault immunity, reduction of power consumption, ...

The design of processor-like numeric circuits is now concentrated in few industrial sites. Data processing is no longer the main issue, but rather system on a chip is getting more attention. The consequence is a focus on the heterogeneous aspects of a system: mixing hardware and software, analog and digital, batteries, micro-electro-mechanical sensors and actuators. Given the variety of the needed modeling paradigms, no single language can meaningfully encompass them all while remaining tractable. System-level specification and design must be expressed in terms of the communication and the synchronization between heterogeneous sub-systems, each described in the most appropriate formalism. What is missing is a sound semantic definition for such communication.

Strangely enough, the "system-on-a-chip" design teams are faced again with a new "Tower of Babel" but this time at system level. Multi-language simulation systems are weak in the semantic definition of inter-language communications, and do not seriously guarantee that what you implement will perform as what you simulate. Many system-level formalisms are proposed: UML, Rosetta, Esterel, SDL, CSP ... the list is far from exhaustive. Back to the situation of the mid-seventies, we need a new CONsensus System Description effort, to identify and formally define the basics of communication between semantic paradigms, and provide sound construction mechanisms for complex notions from simple ones.

VI. References

- [BKS74] M. BECKER, R. KLAR & P.P. SPIES: The Erlangen Computer Design Language, in [CHDL74], pp.176-185
- [BHL83] D. BORRIONE, M. HUMBERT & C. LE FAOU : Hierarchical Mixed-mode simulation in the CASCADE project, Proc. VHDL Conference, Trondheim, 1983

- [BL87] D. BORRIONE & C. LE FAOU: Implementation Techniques for Multi-Level Hardware Description Languages, in *Hardware Description Languages*, ed. R.W. Hartenstein, North-Holland, 1987, pp. 409-437.
- [Bo75] D. BORRIONE: LASCAR: A Language for Simulation of Computer Architecture, in [CHDL75], pp.143-152.
- [BN71] C.G. BELL & A. NEWELL: *Computer Structures: Readings and Examples*, ed. McGraw Hill Book Company, New York, 1971.
- [BP93] D. BORRIONE & R. PILOTY: CONLAN: Presentation of Basic Principles, Applications and Relation to VHDL, in *Fundamentals and Standards in Hardware Description Languages*, ed. J. Mermet, NATO ASI Series, Vol. 249, 1993, pp. 39-78.
- [BPH92] D. BORRIONE, R. PILOTY, D. HILL, K.J. LIEBERHERR & P. MOORBY: Three Decades of HDLs: Part 2, Conlan Through Verilog, in *IEEE Design & Test of Computers, Field-Programmable Gate Arrays*, September 1992, pp. 54-63.
- [CCC85] G. CABODI, P. CAMURATI, G. CROSSETTI & P. PRINETTO: Experiences in CONLAN based formal verification of HDL's, in [CHDL85]
- [CDD92] Y. CHU, D.L. DIETMEYER, J.R. DULEY, F. J. HILL, M. R. BARBACCI, C.W. ROSE, G. ORDY, B. JOHNSON & M. ROBERTS: Three Decades of HDLs: Part 1, CDL Through TI-HDL, in *IEEE Design & Test of Computers, VHDL Development, Prescription for Success*, June 1992, pp. 69-81.
- [CHDL74] *Proceedings of Workshop on Computer Hardware Description Languages*, ed. R. Piloty, Darmstadt University, Germany, July 31 – August 1 and 2, 1974, pp. 1-240.
- [CHDL75] *Proceedings of International Symposium on CHDL and Their Applications*, Graduate Center, City University of New York, New York City, USA, September 3-5, 1975, ed. S.Y.H. Su and D.L. Dietmeyer, pp. 1-191.
- [CHDL79] *Proceedings of 4th International Symposium on CHDL*, Palo Alto, California, USA, October 8-9, 1979, ed. W.M. vanGleemput and D. Dietmeyer, pp. 1-190.
- [CHDL81] *Proceedings of the 5th International Conference on CHDL and Their Applications*, Kaiserslautern, Germany, 7-9 September, 1981, ed. M. Breuer and R. Hartenstein, North-Holland, pp. 1-349.
- [CHDL83] *Proceedings of 6th International Symposium on Computer Hardware Description Languages and their Applications*, Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, Pennsylvania, USA, May 23-25, 1983, ed. T. Uehara and M. Barbacci, North-Holland, pp. 1-243.
- [CHDL85] *Proceedings of 7th International Symposium on Computer*, Tokyo, Japan, Aug.29-31, 1985, ed. C.J. Koomen and T. Motooka, North-Holland, pp. 1-493A
- [CHDL87] *Proceedings of the 8th International Symposium on CHDL and Their Applications*, Amsterdam, The Netherlands, 27-29 April, 1987, ed. M.R. Barbacci and C.J. Koomen, North-Holland, pp. 1-405.

- [CHDL89] Proceedings of 9th IFIP Symposium on CHDL and Their Applications, June 19-21, 1989, Washington, DC, USA, ed. J.A. Darringer and F.J. Rammig, pp. 1-361.
- [CHDL91] Proceedings of 10th International Symposium on CHDL and Their Applications, Marseille, France, 22-24 April, 1991, ed. D. Borriane and R. Waxman, North-Holland, pp. 1-477.
- [CHDL93] Proceedings of the Conference on CHDL and Their Applications, Ottawa, Canada, 26-28 April, 1993, ed. D. Agnew, L. Claesen and R. Camposano, pp. 1- 590.
- [DLM89] V. DEDECKE-BEUTTNER, M.N. LIPP, R.T. MENCHE, TH. MICHL & A.S. SCHMITT: REGLAN: User Manual (V1.20), October, 1989, Technische Hochschule Darmstadt, pp. 1-72.
- [Ev86] H. EVEKING: SMAX – A CONLAN member language for verifiable hardware descriptions. Proc. Euromicro'86, North Holland, pp. 549-558
- [FMS75] P.L. FLAKE, G. MUSGRAVE & M. SHORTLAND: The HILO Logic Simulation Language, in [CHDL75], pp. 134-142.
- [Ha93] R.W. HARTENSTEIN: KARL and ABL, in Fundamentals and Standards in Hardware Description Languages, ed. J. Mermet, NATO ASI Series, Vol. 249, 1993, pp.447-466.
- [Ie87] Standard VHDL Language Reference Manual, IEEE Std 1076-1987.
- [Ie93] Standard VHDL Language Reference Manual, IEEE Std 1076-1993.
- [Ie95] 1364-1995 IEEE Standard Description Language Based on the Verilog© Hardware Description Language, 1995.
- [Ie99] Standard for VHDL Register Transfer Level (RTL) Synthesis, IEEE Std 1076.6-1999
- [Li77] G.J. LIPOVSKI: Hardware Description Languages: Voices from the Tower of Babel", in Computer, Vol. 10, No. 6, June 1977, pp. 14-17.
- [ME73] Etude Méthodologique de la Conception Assistée par Ordinateur des Systèmes Logiques : CASSANDRE, J. Mermet, thèse d'Etat, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 10 avril 1973.
- [ME83] J. MERMET: Circuit And System Computer Aided Design and Engineering, in Proceedings of CAPE'83:1 st International Conference on Computer Applications in Production and Engineering, Amsterdam, The Netherlands, April 1983, pp. 245-262.
- [MN93] J.D. MORRISON & C.O. NEWTON: ELLA, a Language for the Design of Digital Systems", in Fundamentals and Standards in Hardware Description Languages, ed. J. Mermet, NATO ASI Series, Vol. 249, 1993, pp. 385-394.
- [MMR98] J. MERMET, P. MARWEDEL, F.J. RAMMIG, C. NEWTON, D. BORRIANE & C. LE FAOU: Three Decades of Hardware Description Languages in Europe", in Journal of

- Electrical Engineering and Information Science, Vol. 3, No. 6, December 1998, pp. 700-721.
- [MS89] R.T. MENCHE & A.S. SCHMITT, REGLAN: Language Reference Manual (V1.20), September, 1989, Technische Hochschule Darmstadt, pp. 1-167.
- [PBB83] R. PILOTY, M. BARBACCI, D. BORRIONE, D. DIETMEYER, F. HILL & P. SKELLY: CONLAN Report, Lecture Notes in Computer Science, No. 151, Springer Verlag, 1983.
- [Pi69] R. PILOTY:RTS I, Research Report, Nachrichtenverarbeitung, TH Darmstadt, 1969
- [Pi75] R. PILOTY: Segmentation Constructs for RTS III, A Computer Hardware Description Language Based on CDL”, in [CHDL75], pp. 115-124.
- [Pi93] R. PILOTY: REGLAN, in Fundamentals and Standards in Hardware Description Languages, ed. J. Mermet, NATO ASI Series, Vol. 249, 1993, pp. 431-446.
- [PW88] R. PILOTY & B. WEBER: IREEN – A Datamodel for Toolintegration in Open Microelectronic CAD – Systems, in Proceedings of Workshop on Tool Integration and Design Environments, Paderborn, Germany, 26-27 November, 1987.
- [Ra75] F.J. RAMMIG: DIGITEST II: An Intergrated Structural and Behavioral Language, in [CHDL75], ed. IEEE Computer Society, pp. 38-44.
- [Ra93] F.J. RAMMING : The Hardware Description Language DACAPO III, in Fundamentals and Standards in Hardware Description Languages, ed. J. Mermet, NATO ASI Series, Vol. 249, 1993, pp.395-409.

HANS GEORG MUSMANN, Hannover*

Bild- und Toncodierung für die Multimedia-Kommunikation

1. Einleitung

Das weltweite Internet ermöglicht in Zukunft nicht nur die Übertragung von Sprache, Texten und Textbildern, sondern auch von Bewegtbildern, Musik und sogar dreidimensionalen Informationen virtueller Objekte. Die elektrischen analogen Signale dieser Multimedia-Information müssen dazu in eine digitale Darstellung gewandelt werden.

Bild 1 veranschaulicht den Vorgang der Digitalisierung eines analogen zeitveränderlichen Signals. Das analoge Signale einer Nachricht wird dazu in äquidistanten Zeitabschnitten abgetastet. Die Amplitude eines jeden Abtastwertes entspricht der Lautstärke bei einem Sprachsignal bzw. Helligkeit eines Bildpunktes beim Fernsehsignal. Die Amplitude wird in Stufen quantisiert und jeder Stufe eine Dualzahl zugeordnet. Die Ziffern der Dualzahlen werden durch Binärsymbole 1 und 0 codiert. Verschiedene Nachrichtensignale können auf diese Weise in eine Folge von Binärsymbolen (bit) umgewandelt und aus dieser Folge auch wieder zurückgewonnen werden. Diese digitale Darstellungsform einer Nachricht wird als Pulsmodulation (PCM) bezeichnet.

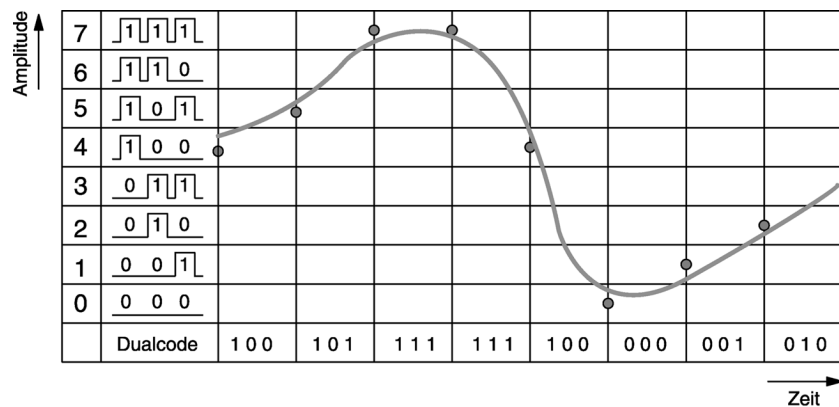


Bild 1: Quantisierung und Codierung von Signalen mit PCM

* Vortrag gehalten beim Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft am 18. Mai 2001.

Der besondere Vorzug der digitalen Darstellungsform liegt zum einen in der größeren erreichbaren Genauigkeit der Signaldarstellung und der damit verbundenen höheren Ton- und Bildqualität, wie sie beispielsweise von der Compact Disc her bekannt ist. Zum anderen erlaubt die binäre Darstellungsform, dass in Zukunft alle Nachrichtensignale über ein und dasselbe Nachrichtennetz übertragen und ein derartiges Netz somit für die Multimedia-Kommunikation verwendet werden kann.

Ein Problem bilden dabei Bewegbilsignale wie das Fernsehsignal, da sie eine relativ große Übertragungsbitrate benötigen. Vergleichsweise erfordert die Übertragung eines Videosignals in TV-Auflösung mit 166 Mbit/s die Übertragungsrate von etwa 2500 Fernsprechsensignalen von je 64 kbit/s und damit entsprechend hohe Übertragungskosten.

Für eine breite Anwendung der Multimedia-Kommunikation mussten daher zunächst effiziente Verfahren der datenreduzierenden Bild- und Toncodierung entwickelt werden. In den vergangenen Jahren wurden die ersten Codierungsverfahren von der International Standardization Organization (ISO) standardisiert.

Nachfolgend werden die Konzepte der standardisierten Audio- und Videocodierungen und die daraus hervorgegangenen neuen Kommunikationsdienste und Anwendungen kurz beschrieben. Abschließend wird ein Ausblick auf die laufenden Forschungsarbeiten und deren Anwendungen gegeben.

2. Audio-Codierung

Bild 2 zeigt die PCM-Formate einiger Ton- und Sprachsignale

Die digitale Darstellung eines stereophonen Audiosignals im Studioformat erfordert eine Abtastfrequenz von 48 kHz und eine gleichförmige Quantisierung entsprechend 16 bit pro Abtastwert ^[1]. Daraus resultiert eine Datenrate von 768 kbit/s für ein Monosignal und entsprechend 2×768 kbit/s, also etwa 1,5 Mbit/s für ein Stereosignal. Aufgrund der etwas

PCM-FORMAT	DVD-AUDIO (TYP.)	DAT (TYP.)	CD	FERNSPRECHEN (7KHZ)	FERNSPRECHEN ITU-T G.711
ABTAST-FREQUENZ	96 KHZ	48 KHZ	44,1 KHZ	16 KHZ	8 KHZ
QUANTISIERUNG DER ABTASTWERTE	24 BIT GLEICHFÖRMIG	16 BIT GLEICHFÖRMIG	16 BIT GLEICHFÖRMIG	16 BIT GLEICHFÖRMIG	8 BIT UNGLEICHFÖRMIG
KANALANZAHL	2	2	2	1	1
BITRATE	2.2,3 MBIT/S	2.768 KBIT/S	2.706 KBIT/S	256 KBIT/S	64 KBIT/S

Bild 2: PCM-Formate für Ton- und Sprachsignale

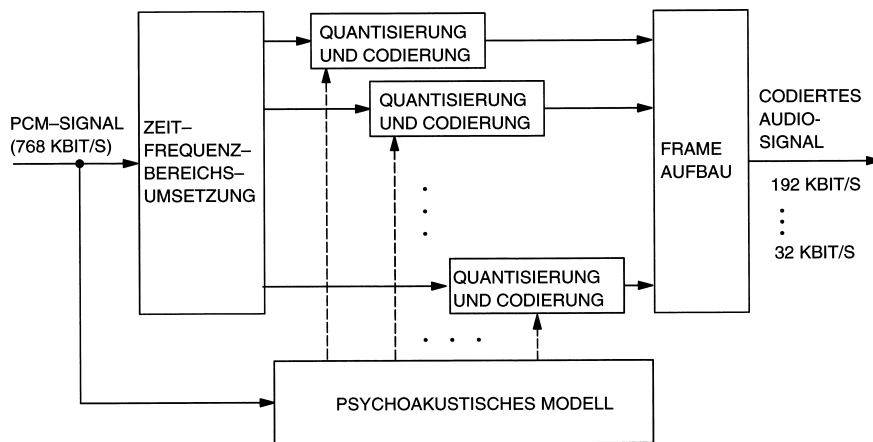


Bild 3: Generelles Blockschaltbild des Audio Coders

geringeren Abtastfrequenz von 44,1 kHz ergibt sich für das Stereosignal einer Compact Disc eine Datenrate von $2 \times 706 \text{ kbit/s}$, also etwa 1,4 Mbit/s.

Der von der ISO entwickelte Audio-Codierungsstandard zur Reduktion der Datenrate besteht aus drei Layern, wobei Komplexität und Codierungseffizienz von Layer I zu Layer II und Layer III jeweils zunimmt ^[2]. Hier soll nur das grundlegende Codierungsprinzip erläutert werden.

Bild 3 zeigt das allgemeine Blockschaltbild eines Audio-Coders. Zunächst wird das am Eingang eingespeiste PCM-Audiosignal aus dem Zeitbereich in eine Darstellung im Frequenzbereich umgesetzt, was einer Zerlegung des Eingangssignals in Spektralkomponenten entspricht. Eine ähnliche Zerlegung in die sog. Frequenzgruppen wird auch vom menschlichen Gehör bei der Wahrnehmung von Tonsignalen vorgenommen. Anschließend wird jede aus der Zeit-Frequenzbereichs-Umsetzung hervorgegangene Spektralkomponente individuell entsprechend den aktuellen Maskierungseigenschaften des Gehörs quantisiert und codiert. Die Steuerinformation für die Quantisierer wird dabei aus einer Schätzung der aktuellen signalabhängigen Maskierungsschwelle gewonnen, die parallel zur Zeit-Frequenzbereichs-Umsetzung vom psychoakustischen Modell berechnet wird. Die Maskierungsschwelle gibt die maximal erlaubte Quantisierungsfehlerleistung für jede einzelne Spektralkomponente an. Die Quantisierung ist optimal, wenn jede Spektralkomponente exakt mit der durch die Maskierungsschwelle vorgegebenen Genauigkeit quantisiert und codiert wird. In diesem Fall wird das dem Nutzsignal überlagerte Quantisierungsgeräusch vom menschlichen Gehör gerade noch nicht wahrgenommen.

Die Zeit-Frequenzbereichs-Umsetzung kann entweder mit einer Filterbank oder einer Transformation oder auch einer Kombination von beiden realisiert werden. Zur Gewährleistung einer effizienten Codierung ist es erforderlich, dass die Anzahl der zu codierenden Spektralkomponenten in jedem Zeitintervall nicht größer ist als die Anzahl der Abtastwerte

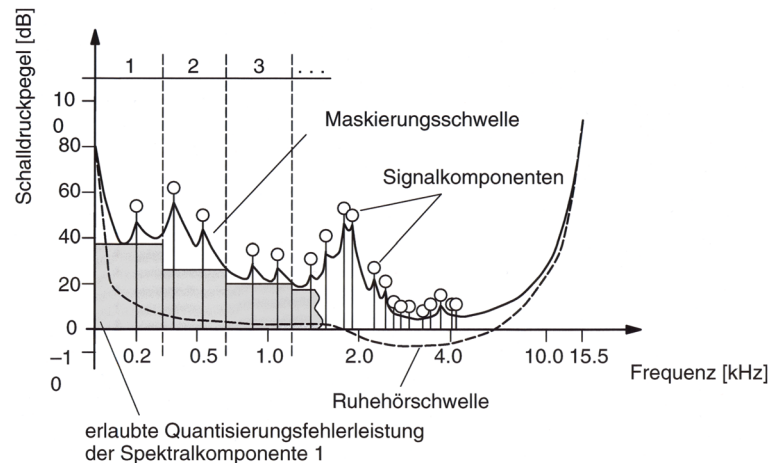


Bild 4: Maskierungsschwelle für den Vokal „A“

des Eingangssignals. Durch den Einsatz von Filterbänken mit Abtastratenreduktion und Aliasing-Kompensation kann dieses Problem gelöst werden.

Das psychoakustische Modell berechnet jeweils für kurze Zeitintervalle des PCM-Eingangssignals einen Schätzwert für die aktuelle signalabhängige Maskierungsschwelle. Für jede Spektralkomponente gibt die Maskierungsschwelle im zugehörigen Frequenzintervall die gerade noch wahrnehmbare Quantisierungsfehlerleistung an. Diese wird dann zur Generierung der Steuerinformation für die dynamische Bit- bzw. Rauschleistungszuweisung verwendet, indem die aktuell erforderliche Anzahl der Quantisierungsstufen für jede Spektralkomponente und jedes Zeitintervall bestimmt wird.

Ein Beispiel für die Berechnung einer Maskierungsschwelle eines Zeitintervalls zeigt Bild 4. Dargestellt sind die Ruhehörschwelle, die Signalkomponenten des Vokals „A“ und die zugehörige globale Maskierungsschwelle. Die grau hinterlegten Bereiche geben jeweils die durch eine geeignete Bitzuweisung eingestellte Quantisierungsfehlerleistung für die ersten Spektralkomponenten an.

Mit dem sog. MPEG 1 Layer III Codierungsstandard konnte die Datenrate eines stereophonen Audiosignals von 1,5 Mbit/s auf $2 \times 128 \text{ kbit/s} = 256 \text{ kbit/s}$ reduziert werden und dabei eine der Compact Disc vergleichbare Audioqualität gewährleistet werden. Erst der nachfolgende Codierungsstandard MPEG 2 AAC erreichte die angestrebte Datenrate von $2 \times 64 \text{ kbit/s} = 128 \text{ kbit/s}$ [3].

Aus diesen Fortschritten der Audiocodierung ergaben sich im wesentlichen 3 neue Anwendungen.

1. Digitale Audiosignale hoher Tonqualität können im Selbstwähldienst über einen ISDN Basisanschluss übertragen werden.

2. Digitale Audiosignale hoher Tonqualität können mit nur geringen Verzögerungen im Internet übertragen werden.
3. Digitale Audiosignale hoher Tonqualität können in einem Audio-Recorder ohne Laser und Motor, ausgerüstet mit einem Speicherchip, aufgezeichnet und wiedergegeben werden.

3. Video-Codierung

Bild 5 zeigt die PCM-Formate von Video-Signalen unterschiedlicher Auflösungen.

Die digitale Darstellung eines Studio-TV-Signals erfordert gemäß der CCIR-Recommendation 601 ^[4] eine Nettodatenrate von 166 Mbit/s. Zur Übertragung von Bewegtbildern für Bildtelefon- und Videokonferenzanwendungen mit weit geringeren Datenraten wurden das Common Intermediate Format CIF und QCIF eingeführt.

Der CCITT-Codierungsstandard H.261 beschreibt ein Codierungsverfahren mit dem Bildfernsehsignalen im Common Intermediate Format (CIF) bei reduzierter Bildfolgefrequenz von 10 Hz mit einer Datenrate von $p \times 64$ kbit/s übertragen werden können. Für den Fall $p = 1$ kann damit ein B-Kanal eines ISDN-Basisanschlusses für die Bildübertragung genutzt werden, während der zweite B-Kanal für die Sprachübertragung zur Verfügung steht.

Erstes Ziel der ISO Motion Picture Expert Group (MPEG) war die Codierung von Bewegtbildern mit Begleitton für digitale Speichermedien bei einer Datenrate von bis zu 1,5 Mbit/s ebenfalls unter Verwendung von CIF.

Den beiden genannten Video-Codierungsverfahren liegt das gleiche Konzept der bewegungskompensierten Hybridcodierung zugrunde. Es besteht im wesentlichen aus zwei Komponenten. Mit einer bewegungskompensierten Prädiktion wird das nächste zu über-

	CCIR 601 – 625	CIF – 625	CIF	QCIF
ANZAHL DER ABTAST- WERTE JE ZEILE LUMINANZ: CHROMINANZ:	720 360	352 176	352 176	176 88
ANZAHL DER AKTIVEN ZEILEN JE BILD LUMINANZ: CHROMINANZ:	288 288	288 144	288 144	144 72
QUANTISIERUNG IN BIT JE ABTASTWERT:	8	8	8	8
BILDFOLGEFREQUENZ:	50 ZEILEN- VERSCHRÄNKT	25 NICHT ZEILEN- VERSCHRÄNKT	10 NICHT ZEILEN- VERSCHRÄNKT	10 NICHT ZEILEN- VERSCHRÄNKT
BITRATE IN MBIT/S:	166	30.5	12.1	3.0

Bild 5: PCM-Formate für Videosignale

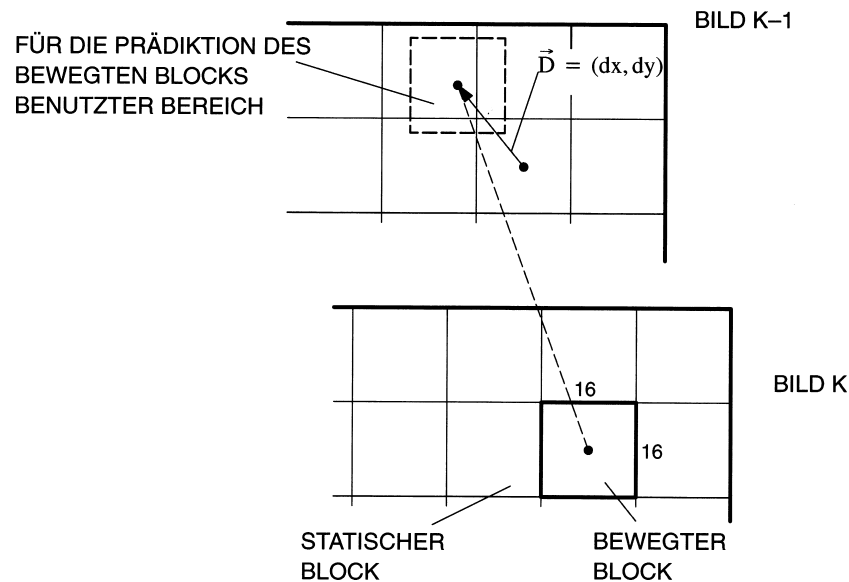


Bild 6: Illustration einer bewegungskompensierenden Prädiktion

tragende Bild k aus dem vorangegangenen und bereits übertragenen Bild $k-1$ vorhergesagt. Zu diesem Zweck wird das zu übertragende Bild k in Blöcke von 16×16 Bildpunkten unterteilt, siehe Bild 6.

Für jeden Block wird auf der Senderseite ein sog. Displacementvektor \vec{D} gemessen und zum Empfänger übertragen. Der Displacementvektor zeigt an, wo die Bildinformation eines Blockes im vorangegangenen Bild war. Mit Hilfe des Displacementvektors und dem vorangegangenen Bild $k-1$ kann nun im Coder und im Decoder ein Vorhersagebild konstruiert werden, indem die Bildinformation blockweise aus dem vorangegangenen Bild $k-1$ entsprechend der Displacementvektoren übernommen wird. Im Coder kann das Vorhersagebild mit dem zu übertragenden Bild k durch Differenzbildung verglichen werden. Bild 7 zeigt als Beispiel in Gegenüberstellung das zu übertragende Bild k und das Differenzbild, das sog. Prädiktionsfehlerbild. Nur das Prädiktionsfehlerbild muss zum Empfänger übertragen werden. Durch Addition des Prädiktionsfehlerbildes zum Vorhersagebild kann der Decoder das Empfangsbild k rekonstruieren.

Um die Übertragung des Prädiktionsfehlerbildes mit geringer Datenrate auszuführen, wird das Prädiktionsfehlerbild in Blöcke von 8×8 Bildpunkten unterteilt und jeder Block einer Discreten Cosinus Transformation (DCT) unterzogen, siehe Bild 8. Übertragen werden die sich ergebenden 8×8 DCT-Koeffizienten. Die DCT bewirkt, dass viele der DCT-Koeffizienten Null sind und dafür nur eine geringe Datenrate erforderlich ist.

Diese bewegungskompensierte Hybridcodierung wird auch im ISO MPEG-2 Codierungsstandard zur Codierung von Videosignalen in Fernsehauflösung gemäß



Bild 7: Eingangsbild und Prädiktionsfehlerbild

PRÄDIKTIONSFEHLERBILD

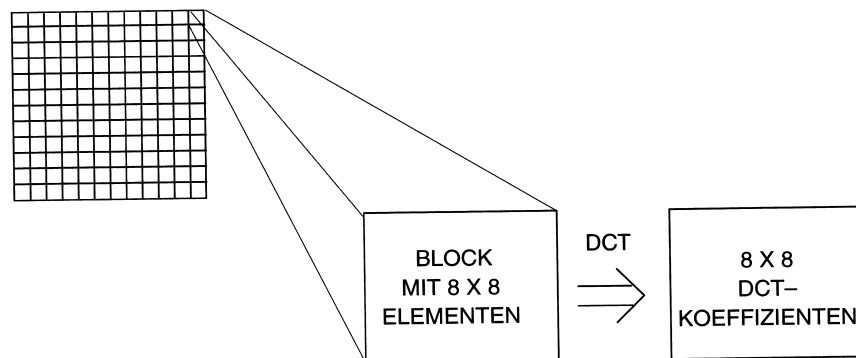


Bild 8: Diskrete Cosinus Transformation (DCT) der Prädiktionsfehler

CCCIR 601 angewendet ^[5]. Als Ergebnis konnten die Daten von 166 Mbit/s auf 4 Mbit/s reduziert werden und dabei die Bildqualität des Fernsehrundfunks bewahrt werden.

Aus diesen Fortschritten der Videocodierung ergaben sich im wesentlichen folgende neue Dienste und Anwendungen

1. Ein analoger Fernsehkanal kann 6 digitale Fernsehsignale übertragen.
2. Die Einführung des digitalen Fernsehrundfunks.
3. Eine Compact Disc kann Audio- und Videosignale aufzeichnen, bekannt als DVD.
4. Ein Computer kann Videosignale speichern.

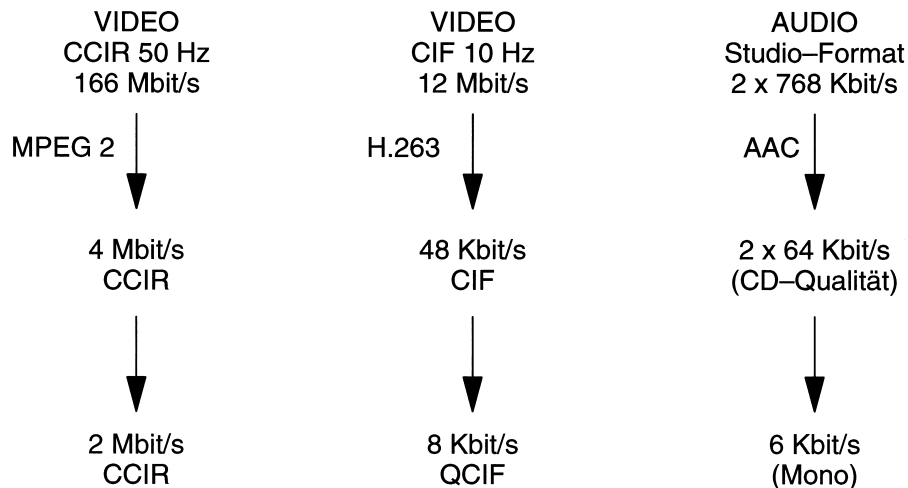


Bild 9: Ziele der derzeitigen Forschung

4. Zusammenfassung und Ausblick

Bild 9 zeigt in einem Überblick die erreichten Ergebnisse und die Ziele der derzeitigen Forschung.

Die Reduzierung der Datenrate eines Videosignals nach CCIR 601 auf 2 Mbit/s ist inzwischen schon erreicht. In [6] wird sogar nachgewiesen, dass bezogen auf MPEG-4, eine Weiterentwicklung von MPEG-2, ein zusätzlicher Reduktionsfaktor von 2 erreicht worden ist. Sobald die Datenrate in die Größenordnung der Datenrate eines DSL-Anschlusses kommt, können Fernsehsignale aus dem Internet über die Teilnehmeranschlussleitungen des Fernsprechnetzes zum Teilnehmer übertragen werden. Das Fernsehen wird damit ganz neue Möglichkeiten erhalten.

Sobald ein Videosignal in QCIF-Darstellung mit 8 kbit/s und ein monophones Audiosignal mit 6 kbit/s in ausreichender Qualität codiert werden können, besteht die Möglichkeit Fernsehsignale in kleiner Bildgröße auch über das Mobilfunknetz zu übertragen und auf einem Handy darzustellen. Aufgrund der kleinen Bildgröße wird ein derartiger Dienst nicht so sehr für die Übertragung von Unterhaltungssendungen, aber für Nachrichtensendungen von Interesse sein, da sie weltweit empfangen werden können.

Literaturverzeichnis

- [1] CCIR, Source encoding for digital sound signals in broadcasting studios, CCIR Recommendation 646, Geneva 1986
- [2] MPEG-1, Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to 1,5 Mbit/s, part 3: Audio . International Standard IS 11172-3, ISO/IEC JTC/SC 29 WG 11, 1992

- [3] MPEG-2, Advanced audio coding, AAC International Standard IS 13818-7, ISO/IEC JTC/SC 29 WG 11, 1997
- [4] CCIR, Encoding parameters of digital television for studios, CCIR Recommendation 601, Geneva 1982
- [5] MPEG-2, Generic Coding of moving pictures and associated audio, Part 2 Video, International Standard IS 18818, ISO/IEC JTC/SC 29 WG 11, 1998
- [6] MPEG-4, Summary Information for ITU-T VCEG Draft H.26L Algorithm in Response to Video and DCinema CfPs, Doc MPEG 2001/M7511, ISO/IEC JTC1/SC 29 WG11, July 2001

Prof. Dr.-Ing. H. G. Musmann
Institut für Theoretische Nachrichtentechnik
und Informationsverarbeitung · Universität Hannover
Appelstraße 9 A · D-30167 Hannover

FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

PROF. DR.RER.NAT. JOACHIM KLEIN

Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Begrüßung und Bericht

Hohe Festversammlung,
sehr verehrte Gäste aus nah und fern,

die Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, für die ich hier als deren Präsident sprechen darf, sind glücklich, dass Sie uns in so großer Zahl die Ehre und Freude Ihrer Anwesenheit geben und dass Sie den Rahmen schaffen, der das Prädikat feierlich für unsere heutige Jahresversammlung erst rechtfertigt.

Ein zweites Element der Feierlichkeit ist ein angemessener musikalischer Rahmen, der in diesem Jahr durch den warmen Ton und die klangvolle Lebendigkeit dreier Klarinetten mit Werken von Wolfgang Amadeus Mozart entsteht. Dem professionellen und akademischen Trio – das aus den Herren Brüggemann, Krull und Peil besteht – danke ich schon an dieser Stelle für ihr musikalisches Engagement und für die positive Strahlkraft, mit der die Musik Mozarts unsere Veranstaltung wohlklingend einrahmt.

Das dritte Element ist schließlich der würdige äußere Rahmen, den wir wiederum mit der Dornse hier im Altstadtrathaus in Anspruch nehmen dürfen. Ich freue mich natürlich, dass ich den Dank dafür direkt an Sie, Herr Oberbürgermeister Steffens, als den Hausherrn richten kann und Sie damit auch sehr herzlich persönlich in unserem Kreis begrüße. Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft erfreut sich seit jeher der Unterstützung dieser Stadt – wie sie so vielfältig, z. B. auch durch den Empfang im Anschluss an unsere Veranstaltung, zum Ausdruck kommt. Diese Brücke zur Wissenschaft war für Sie, Herr Steffens, ein Leitmotiv und stets auch persönliches Anliegen in Ihrer langjährigen Tätigkeit als Oberbürgermeister dieser Stadt. Da Ihre Amtszeit in diesem Jahr nun definitiv zu Ende gehen wird, möchte ich Ihnen persönlich ganz besonders und nachdrücklich für das fördernde Interesse und die vielfältige Unterstützung unserer Arbeit danken. Sie haben damit ein Beispiel gegeben für die kommenden Amtsträger.

Nicht weniger herzlich begrüße ich als Vertreter der Stadt deren 1. Bürgermeisterin, Frau Harlfinger, – auch Sie haben in Ausübung Ihrer repräsentativen Funktion den Veranstaltungen der Wissenschaft stets hohe Priorität eingeräumt – und davon dürfen auch wir heute gern profitieren.

Wenn ich den feierlichen Rahmen so mehrfach betone, ist dieser ja nicht zum Selbstzweck oder gar zur Selbstdarstellung wichtig, sondern vor allem für eine zentrale Funktion dieser Veranstaltung, nämlich die Verleihung der Gaußmedaille als wissenschaftliche Auszeichnung von hohem Rang. So darf ich mit Ihnen, Herr Professor Robert Piloty, den Preisträger des Jahres 2001 als Ehrengast – in Begleitung Ihrer Tochter und Ihres Sohnes – in unserer Mitte besonders herzlich willkommen heißen und Ihnen schon jetzt dafür danken, dass wir Sie heute ehren dürfen.

Unter den elf in Deutschland bestehenden Akademien und Akademie-konformen Einrichtungen ist die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft mit ihrem Gründungsjahr 1943 eine der jüngsten, gleichwohl mit ihrem ingenieurwissenschaftlichen Schwerpunkt erkennbar positioniert und akzeptiert. Die Tatsache, dass wir von fünf dieser Schwester-Institutionen die Präsidenten oder ihre Vertreter heute hier begrüßen dürfen, werte ich als ein Zeichen dieses gegenseitigen Respekts: So heiße ich Herrn Kollegen Nöth, Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München, Herrn Lerchner, Präsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Leipzig, Herrn Wagner, Geschäftsführender Sekretär der Göttinger Akademie der Wissenschaften, Herrn Köhler, Präsident der Akademie gemeinnütziger Wissenschaften, Erfurt, und Herrn Oberbeck als Vertreter des Präsidenten der Joachim Jungius Gesellschaft, Hamburg, herzlich willkommen.

Gemeinsam befinden wir uns ja in einem intensiven Diskussionsprozess, bei dem es um das Selbstverständnis der Institution „Akademie der Wissenschaften“ in der heutigen Zeit geht. Angesichts der stürmischen Entwicklung der Wissenschaft und Forschung an unseren Universitäten und den vielen außeruniversitären Einrichtungen – Max-Planck-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Fraunhofer Gesellschaft etc. – stellt sich schon die Frage, was von einem Akademiekonzept, das um 1700 entstand, heute Bestand hat.

Die Begründung für die heutige Notwendigkeit der Akademie-Arbeit sehe ich

- in der Vernetzung wissenschaftlicher Disziplinen in konsequenter interdisziplinärer Arbeit;
- dies unter Beachtung von Aufgabenstellungen mit besonderem Langzeitcharakter, d.h. über klassische Bewilligungszeiträume von 3 bis 5 Jahren hinaus
- unter vorurteilsfreier Integration der praktischen Wissenschaften aus Technik, Wirtschaftswissenschaften und Sozialwissenschaften
- mit Einbeziehung einer starken Öffentlichkeitsarbeit, um Informationen und Wissen verständlich zu vermitteln und für Fragen der Gesellschaft offen zu sein.

Auch für die heiß diskutierte Frage einer nationalen Vertretung der deutschen Wissenschaft sollte einem Konzept der Integration dezentraler Strukturen der Vorzug vor der Schaffung einer nationalen „Oberakademie“ gegeben werden. Daran sind wir bereit aktiv mitzuwirken.

Die Universitäten und Forschungsinstitute im Lande schaffen die personelle Basis für die Gewinnung unserer Mitglieder, und über diese regional und fachlich breite Mitgliedschaft werden auch die Universitäten auf besondere Weise informell vernetzt. Diese Vernetzung findet zunehmend auch ihren Ausdruck in gemeinsam konzipierten und getragenen Veranstaltungen und Projekten. Als Repräsentanten dieser Partnerschaft der Wissenschaft heiße ich den Präsidenten der Braunschweiger Carolo Wilhelmina, Herrn Professor Litterst, den Rektor der Technischen Universität Clausthal, Herrn Prof. Schaumann, den Vizepräsidenten der Universität Hannover, Herrn Prof. Pirsch, und Herrn Prof. Göbel als Präsident der Physikalisch Technischen Bundesanstalt herzlichst willkommen und danke Ihnen für kooperationsfördernde Impulse.

Auf eine engere Verknüpfung von Wissenschaft und Wirtschaft weist heute praktisch jede forschungspolitische und wirtschaftspolitische Stellungnahme hin. Andererseits hat

diese Verknüpfung in den technischen und vielen naturwissenschaftlichen Disziplinen eine lange Tradition. Von dieser Erfahrung und Kompetenz geprägt sieht sich auch die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft gut gerüstet, um den Dialog mit der Wirtschaft zu intensivieren. Die Informatik, die im Mittelpunkt unserer heutigen Veranstaltung steht, ist dafür ein gutes Beispiel. So freue ich mich, mit den Herren Petry, Deutsche Telekom, Salewsky, Siemens AG, Vertreter der Informations- und Kommunikations-Industrie begrüßen zu können. Weiterhin heiße ich Herrn Brune als Generalbevollmächtigten der NORD/LB und Herr Dr. Meyer als zukünftigen Hauptgeschäftsführer der Industrie- und Handelskammer hiermit herzlich willkommen.

Schließlich begrüße ich sehr herzlich all unsere Mitglieder – insbesondere diejenigen, die wir im vergangenen Jahr in unseren Kreis aufnehmen durften, sowie die Witwen unserer früheren Mitglieder, die – und dafür sind wir dankbar – uns damit ein Zeichen ihrer bleibenden Verbundenheit mit unserer Gesellschaft vermitteln.

Nachrufe

Es ist mir zunächst – am Beginn meines Berichtes über die Arbeit der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft – eine ehrenvolle Pflicht, der im vergangenen Jahr verstorbenen Mitglieder zu gedenken:

Es verstarben im Berichtsjahr:

- 11.09.2000 Philipp P. **Fehl**, Ph.D., Dr.phil., Prof.em. für Kunstgeschichte, School of Art and Design, University of Illinois, USA-Champaign, und The Cicognara Program, Biblioteca Apostolica Vaticana, Vatikanstadt), Illinois 61820/USA, korrespondierendes Mitglied seit 1992 in der Klasse für Geisteswissenschaften, im Alter von 80 Jahren.
- 29.09.2000 Walter **Dieminger**, Dr.rer.techn., Prof. für Aeronomie, Direktor i.R. des MPI für Aeronomie, Lindau, ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1972, Gauß-Preisträger des Jahres 1971, im Alter von 93 Jahren.
- 19.11.2000 Heinz **Bartels**, Dr.med., Prof.em. für Vegetative Physiologie an der Medizinischen Hochschule Hannover, ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1983, seit 1985: korrespondierendes Mitglied, im Alter von 80 Jahren.
- 06.12.2000 Elisabeth **Ströker**, Dr.phil. Dr.phil.h.c., Prof. für Philosophie an der Universität Köln, korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1993, im Alter von 72 Jahren.
- 06.02.2001 Karlheinz **Bretthauer**, Dr.-Ing., Prof.em. für Elektrotechnik an der Technischen Universität Clausthal, ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1985, im Alter von 78 Jahren.

Mit Frau Elisabeth Ströker ist eine besonders bemerkenswerte und tapfere Frau von uns gegangen. In seiner Begrüßung anlässlich der Jahresversammlung 1998 hat mein Amtsvorgänger Norbert Kamp folgendes ausgeführt: „Mein Gruß gilt in diesem Rahmen einem

Mitglied in besonderer Weise, das heute aus Köln zu uns gekommen ist, Elisabeth Ströker, der Philosophin, die selbst lange in Braunschweig gewirkt hat und sich mit ihren Qualitätsmaßstäben um den Ausbau der Philosophischen Fakultät hoch verdient gemacht hat. Sie ist vor geraumer Zeit in der FAZ von einem in der deutschen Wissenschaftspolitik nicht unbekannten, durch flotte und unbedachte Formulierungen auffallenden Juristen in gemeiner Weise angegriffen und des wissenschaftlichen Plagiats zu Unrecht verdächtigt worden, Vorwürfe, denen sie sich durch ein Verfahren vor ihrer promovierenden Fakultät zu Bonn auch nach 30 Jahren noch gestellt hat. Sie wurde von der Fakultät von diesem Vorwurf freigesprochen, was Dritte offenbar nicht hindert, solche Vorwürfe zu wiederholen. Ich möchte deshalb hier bewusst auch in diesem Kreise Ihnen, Frau Ströker, die Solidarität der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, deren korrespondierendes Mitglied Sie seit 1993 sind, bekunden und hinzufügen, dass wir den Ihnen angetanen Rufmord nachdrücklich verurteilen und nur bedauern, dass Sie die Folgen der Kampagne gleichwohl ertragen müssen, obwohl das Recht auf Ihrer Seite steht.“

Ich meine, dass ich für den Nachruf keine besseren Worte finden könnte.

Wir werden alle Verstorbenen mit ihrem wissenschaftlichen und persönlichen Profil in unserem Kreise vermissen und ihnen ein ehrendes Andenken bewahren.

Wahl des Generalsekretärs und der Klassenvorsitzenden

Satzungsgemäß haben Ende 2000 die Wahlen für die Leitungsebene unserer Institution stattgefunden.

Als Generalsekretär wurde Herr Prof. Claus-Artur **Scheier**, Universitätsprofessor für Philosophie an der TU Braunschweig, für die Amtszeit vom 1.1.2001 bis 31.12.2003 gewählt.

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften:

Für die Zeit vom 01.01.2001 bis 31.12.2003 wird Herr Prof. Dr.phil.nat. Joachim **Heidberg** gewählt.

Klasse für Ingenieurwissenschaften:

Für die Zeit vom 01.01.2001 bis 31.12.2002 wird Herr Prof. Dr.-Ing. Manfred **Lindmayer** gewählt.

Klasse für Geisteswissenschaften:

Für die Zeit vom 01.01.2001 bis 31.12.2001 wird Herr Prof. Dr.phil. Hans-Joachim **Behr** gewählt.

Den neuen Amtsträgern gilt mein Wunsch für erfolgreiche Arbeit und den jeweiligen Amtsvorgängern Herrn Steck, als Generalsekretär, Herrn Müller, Herrn Stein und Herrn Scheier als Vorsitzenden der Klassen mein herzlicher Dank für ihr Engagement für unsere Wissenschaftsgemeinschaft.

Zuwahlen und personeller Stand der BWG

Die Zuwahl neuer Mitglieder ist eine wichtige Aufgabe, die auch dazu dient mit der wissenschaftlichen Entwicklung Schritt zu halten:

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

zu ordentlichen Mitgliedern in der Wahlsitzung **06.04.2001**

- Prof. Dr.rer.nat. Werner **Deutsch**
Professor für Psychologie an der TU Braunschweig
- Prof. Dr.rer.nat. Martin **Henzler**
Professor für Festkörperphysik an der Universität Hannover
- Prof. Dr.rer.nat. Christel Charlotte **Müller-Goymann**
Professorin für Pharmazeutische Technologie an der TU Braunschweig
- Prof. Dr.rer.nat. Otto **Richter**
Professor für Agrarökologie an der TU Braunschweig
- Prof. Dr.rer.nat. Ernst **Schaumann**
Professor für Organische Chemie und Rektor der TU Clausthal
- Prof. Dr.rer.nat. Thomas **Scheper**
Professor für Technische Chemie an der Universität Hannover
- Prof. Dr.rer.nat. Reinhard F. **Werner**
Professor für Theoretische Physik an der TU Braunschweig

sowie zum korrespondierenden Mitglied in der Wahlsitzung am **15.12.2000**

- Prof. Dr.rer.nat. Christian **Wandrey**
Professor für Biotechnologie und Direktor am Institut für Biotechnologie
der Forschungszentrum Jülich GmbH, Gauß-Preisträger des Jahres 1999

Klasse für Ingenieurwissenschaften

zum ordentlichen Mitglied in der Wahlsitzung vom **15.12.2000**

- Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter **Beck**
Professor für Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrische Energietechnik
an der TU Clausthal

in der Wahlsitzung vom **06.04.2001**

- Prof. Dr.-Ing.habil. Günter Peter **Merker**
Professor für Thermodynamik und Kältetechnik an der Universität Hannover
- Prof. Dr.-Ing.habil. Peter **Wriggers**
Professor für Baumechanik und Numerische Mechanik an der Universität Hannover

Klasse für Geisteswissenschaften

zum ordentlichen Mitglied in der Wahlsitzung vom **15.12.2000**

- Prof. Dr.rer.nat. Dr.phil. Gerhard **Vollmer**
Prof. für Philosophie an der TU Braunschweig

in der Wahlsitzung vom **06.04.2001**

- Prof. Dr.rer.pol.habil. Wolfgang **Fritz**
Professor für Betriebswirtschaftslehre an der TU Braunschweig

sowie zum korrespondierenden Mitglied in der Wahlsitzung vom **15.12.2000**

- Prof. Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c.mult. Klaus J. **Hopt**, M.C.J.
Professor für Ausländisches und Internationales Privatrecht und
Direktor des MPI für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg
Gauß-Preisträger des Jahres 2000

Damit gehörten der BWG am 30.04.2001 an: 136 ordentliche Mitglieder, davon 79 unter 70 Jahren, sowie 73 korrespondierende Mitglieder.

Vorträge in den Plenarversammlungen

Die Arbeit der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft hat interne und externe Komponenten. Die interne Arbeit vollzieht sich in den Klassen- und Plenarsitzungen in Form der Präsentation von Ergebnissen neuer Forschung und deren Diskussion über Fachgrenzen hinaus. Über Titel und Inhalte informiert das Jahrbuch im Einzelnen.

Wirkung nach außen erzielt unsere Gesellschaft durch öffentliche Veranstaltungen, sowohl in alleiniger Verantwortung als auch in gemeinsamer Trägerschaft mit befreundeten Institutionen.

So veranstalteten wir gemeinsam mit der Technischen Universität Braunschweig am 13. Oktober 2000 ein Gedenksymposium zum ersten Todestag meines am 12. Oktober 1999 verstorbenen Amtsvorgängers Norbert Kamp. Unter dem Rahmenthema „Herrschaft und Kirche im Mittelalter“ berichteten mit Frau Schwarz (Hannover) und Frau Märkl (Braunschweig) sowie den Herren Schneidmüller (Bamberg) und Ehlers (Berlin) wissenschaftliche Weggefährten von Norbert Kamp über Ergebnisse ihrer Arbeiten.

Die Texte dieser Vorträge sind als gesonderte Buchveröffentlichung zugänglich.

Gemeinsam mit dem Braunschweigischen Landesmuseum, dem Herzog Anton Ulrich-Museum und der Technischen Universität Braunschweig ist die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft im Rahmen des Begleitprogramms der Ausstellung „Troia – Traum und Wirklichkeit“, die am 14. Juli 2001 ihre Tore öffnet, an der Gestaltung einer Vortragsreihe und eines Symposiums beteiligt.

Troia – die Faszination, die von diesem Begriff ausgeht, hat von jeher nicht nur die historisch-kulturell interessierten Menschen, sondern auch in Breite und Tiefe die Wissenschaft erfasst. Durch diese wissenschaftliche Arbeit hat zum einen das Troia-Bild ständig an Schärfe und Präzision gewonnen, zum anderen hat die Wissenschaft durch Anstöße zur Entwicklung neuer Methoden dauerhafte Impulse erhalten.

In diesem Sinne ist es auch das ureigenste Interesse der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, ihre Wissenspotentiale in die Veranstaltungen im Umfeld der Troia-Ausstellung einzubinden und an der Programmgestaltung aktiv mitzuwirken. Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft ist satzungsgemäß der interdisziplinären wissenschaftlichen Arbeit und der Vermittlung von Wissenschaft im Dialog mit der

Gesellschaft verpflichtet. Das Troia-Symposium bietet für beide Aufgabenstellungen hervorragende Ansätze.

Kommission Recht und Technik

Die Kommission „Recht und Technik“ ist eine Wissenschaftliche Kommission der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft. Sie hat die Aufgabe, die Zusammenarbeit zwischen Juristen einerseits und Naturwissenschaftlern und Ingenieuren andererseits zu fördern und gemeinsame Probleme zu diskutieren und zu klären. Ihr gehören z. Z. 11 Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft sowie 2 externe Fachleute an.

Das 3. Colloquium dieser Kommission, das am 16. November 2000 in Hannover stattfand, hat europarechtliche Regelungen zum integrierten Umweltschutz, die in deutsches Recht umgesetzt werden müssen, in einem Bereich behandelt, der eine Schnittstelle zwischen Recht und Technik darstellt. Ziel ist es gemäß der EG-Richtlinie über die „integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“, Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft soweit wie möglich zu vermeiden und, wo dies nicht möglich ist, zu vermindern, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen. Umweltschutz ist also nicht nur medienpezifisch, sondern medienübergreifend zu gewährleisten. Die Bundesregierung will diese Vorgaben durch ein „Artikelgesetz“ (Stand des Entwurfs: Juni 2000) in deutsches Recht umsetzen. Eine zentrale Frage des integrierten Umweltschutzes ist es, wie die Anforderungen unter Berücksichtigung des „Standes der besten verfügbaren Techniken“ konkretisiert werden sollen. Vorbereitende Arbeiten dazu sind im Gange (sog. Sevilla-Prozess). Lassen sich „integrierte Umweltstandards“ entwickeln?

Ziel des Colloquiums war es, die einschlägigen Fragen herauszuarbeiten, Lösungsvorschläge vorzustellen und ergebnisorientiert zu diskutieren.

Unter besonderer Mitwirkung von Herrn Rengeling, Osnabrück, trugen 5 Referenten sowie 40 Teilnehmer zu der erfolgreichen Veranstaltung bei. Die Texte der Vorträge werden im Jahrbuch 2000 publiziert.

Unter dem neuem Vorsitz von Herrn Prof. Salje, Hannover, sowie Herrn Prof. Leonhard, Braunschweig, bereitet die Kommission ihr 4. Kolloquium zum 20. September 2001 in Hannover mit dem Thema „Kraft-Wärme-Kopplung als Beitrag zu Klimaschutz und Energieeinsparung“ vor.

Veröffentlichungen

Der notwendigen Dokumentationen unserer Arbeit dienen die Veröffentlichungen, die regelmäßig – wie das „Jahrbuch 2000 der BWG“ (im Druck, Auslieferung Juli) und die „Abhandlungen 1999, Band 50“ (in Vorbereitung) – oder als Sonderveröffentlichung erscheinen:

„Herrschaft und Kirche im Mittelalter“, Gedenksymposium zum ersten Todestag von Norbert Kamp *24.08.1927 †12.10.1999, am 13.10.2000 in Braunschweig, herausgegeben in Zusammenarbeit der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft mit der

Technischen Universität Carolo Wilhelmina zu Braunschweig, mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Bank Braunschweig.

„Integrierter Umweltschutz: europarechtliche Anforderungen und technisch Realisierbarkeit“, Sonderdruck 3. Kolloquium Recht und Technik am 16.11.2001.

Heinz Duddeck: „Macht Wissenschaft glücklich? Wie Wissenschaft den Menschen kränkt, und wie sie ihm dennoch die Heiterkeit des Geistes bringt“. Sonderdruck, Vortrag Plenarversammlung Januar 2000.

Dem Zug der Zeit entsprechend, ist die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft inzwischen auch im Internet präsent. Hinter der Internet-Adresse:

www.bwg-niedersachsen.de

verbirgt sich eine „HomePage“, welche neben Informationen über Ziele und Struktur der BWG Zugang zu den Publikationen der Vorjahre sowie Hinweise auf aktuelle Aktivitäten vermittelt.

Im Sinne der Öffnung nach außen geht es mir darum, der Wirtschaft, den Medien und der Öffentlichkeit zu vermitteln, dass wir als Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft kein geschlossener Elfenbein-Zirkel sind, sondern eine Gemeinschaft von Wissenschaftlern, die als Fachleute auch einzeln persönlich ansprechbar sind. Intensive Kontakte zur Industrie- und Handelskammer, einzelnen Unternehmen der Wirtschaft, den Medien mit Funk und Presse sowie zur Interessengemeinschaft „ForschungsRegion Braunschweig“ sollen diesem Ziel dienen.

Die Forderung nach und das Bekenntnis zur interdisziplinären Arbeit zieht sich bei näherer Betrachtung wie ein roter Faden durch meine bisherigen Ausführungen, und bei diesem Begriff möchte ich anknüpfen, um unsere Gedanken nunmehr in Richtung auf die diesjährige Verleihung der Gaußmedaille auszurichten. Dabei stoßen wir bei genauerer Betrachtung natürlich sofort auf die Frage, nach welchem Muster wir Interdisziplinarität ordnen und wie die Kriterien des Entstehens einer neuen Disziplin – auf der Basis einer neuartigen Verknüpfung von Teilen „alter“ Disziplinen – beschaffen sind. In einem Land wie Deutschland, das über nahezu 100 Jahre durch eine rigide Fächerstruktur nach dem Muster Mathematik – Chemie – Physik – Biologie – Elektrotechnik – Maschinenbau – etc. geprägt war – und heute noch weitgehend geprägt ist – haben es Neuentwicklungen besonders schwer.

Nach meiner Kenntnis waren in Deutschland auf dem Weg zu neuen Disziplinen zunächst nur begrenzte Versuche und Erfolge – und zwar basierend auf angelsächsischen Vorbildern – zu verzeichnen, nämlich im Chemie-Ingenieurwesen und in der Biochemie. Die Beharrungskräfte der Maschinenbauer und der Chemiker waren in der Regel stärker, so dass sich diese Fächer in Forschung und Lehre nur an zwei bis drei Hochschulen etablieren konnten und somit einen Sonderstatus behielten.

Zwei Fächer, denen die Transformation von alter Interdisziplinarität zu neuer disziplinärer Identität in überzeugender Weise gelang, sind die Informatik und die Biotechnologie – die Materialwissenschaften besitzen m. E. das Potential, ein ähnliches Ziel zu erreichen.

Während wir die Biotechnologie – die aus den Disziplinen Biologie -Chemie -Verfahrenstechnik hervorgegangen ist – bereits durch die Verleihung der Gaußmedaille 1999 an

Christian Wandrey in unser Visier genommen haben, steht heute die Informatik in ihrer Synthese aus Mathematik, Elektrotechnik und Maschinenbau im Mittelpunkt. In diesem Sinne sehen wir in der Verleihung der Gaußmedaille einen Prozess, der sowohl die herausragende persönliche Leistung eines einzelnen Wissenschaftlers, aber auch die neue Entwicklung in der Strukturierung der Wissenschaft durch die Geburt einer neuen Disziplin würdigt.

Die Entstehung neuer Disziplinen ist ein komplexer und längerfristiger Prozess, der auf mehreren Voraussetzungen basiert:

1. Es entwickeln sich wissenschaftliche Problemstellungen, welche an die Grenzen einzelner Fachdisziplinen stoßen.
2. Es muss Wissenschaftler geben, die zur Grenzüberschreitung und – das ist wichtig – zu einer arbeitsteiligen Kooperation mit Grenzgängern anderer Disziplinen bereit sind.
3. Es muss Fragestellungen mit technisch-wirtschaftlichem Nutzen geben, d. h. das Potential neuer wirtschaftlicher Produkte und industrieller Strukturen muss erkennbar sein.
4. Diesem technisch-wirtschaftlichen Potential entspricht der Bedarf an optimal ausgebildeten Fachkräften, die diese neue Disziplin in der Ausbildung erfahren haben – und nicht erst im Beruf mühsam angepasst werden müssen.

An der Entwicklung der Biotechnologie und der Informatik kann man allgemein verfolgen, wann und wie diese Voraussetzungen erfüllt waren durch

- Entwicklung neuer Forschungsinstitute und Lehrstühle
- Entstehung neuer Industrien
- Einrichtung neuer Studiengänge.

Jörg Münzel hat in seinem Buch „Ingenieure des Lebendigen und des Abstrakten. Die Entwicklung der Biotechnologie und der Informatik an der TU Braunschweig“ diesen Weg am Beispiel der TU Braunschweig lesenswert nachgezeichnet und dokumentiert.

Diese Entwicklungen sind dabei keinesfalls geradlinig, so stieg die Zahl der Studienanfänger in der Informatik von ca. 50 in den 70iger Jahren (ab 1972) auf über 220 im Jahre 1982 und fiel ab 1990 teilweise wieder deutlich unter 100 Studierende. Konnte im Jahre 1995 (77 Studienanfänger!) wirklich niemand den heutigen Bedarf voraussehen?

Die Informatik in ihrer heutigen Bedeutung ist weit über den ursprünglichen Ansatz – leistungsfähige und intelligente Maschinen und die dazu gehörige Logik in Form von Computersprachen bereitzustellen – hinausgegangen, auch weit über das Datenmanagement nach dem Hollerith-Prinzip hinaus. Die Entwicklung der CEBIT in Hannover zur weltgrößten Messe mit enormen Anwendungsgebieten im industriellen Bereich und im privaten Bereich – sprich Handy, Internet etc. – ist noch lange nicht zuende – der Computer ist dabei, unser Leben zu verändern.

Man muss dabei nicht einmal den wohl extremen Visionen von Kurzweil oder Joy folgen, welche für den Zeitraum 2020 bis 2030 eine Existenzbedrohung für die Menschheit – basierend auf der Entwicklung superintelligenter Roboter, die sich wie biologische Spezies selbst vermehren – prognostizieren. Die Methoden der Gentechnik, Nanotechnik und Robotik in geeigneter Kombination sollen dafür die Voraussetzungen schaffen.

Also: Informatik und Biotechnologie – zwei Gebiete mit dem Potential, dass wir die Grenzen des Machbaren erreichen oder gar schon überschreiten?

Nicht ohne Grund wird sich der Ethik-Rat des Bundeskanzlers – dessen Organisation schon interessanterweise in die Obhut der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaft gegeben wurde – mit Fragen der Ethik in der Biomedizin/Biotechnologie am Beispiel der Forschung mit embryonalen Stammzellen befassen. Auch die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft sollte beachten, ob und wie sie in derartigen Diskussionsprozessen mit ihrem wissenschaftlichen Potential Position bezieht.

Kehren wir zu unserer heutigen Aufgabenstellung zurück, so geht es um die Würdigung vollbrachter Leistungen in Wissenschaft und Technik. Traditionell haben wir dazu am Vormittag ein wissenschaftliches Kolloquium veranstaltet, dem wir das Rahmenthema „Informatik und Informationstechnik – Rückblick und Ausblick“ gegeben haben. Die Professoren Roland Vollmar (Karlsruhe), Dominique Borriane (Grenoble) und Hans-Georg Musmann (Hannover) haben unter der Moderation unseres Kollegen Werner Leonhard verschiedene Entwicklungslinien der Informatik beleuchtet und dem fachfernen Zuhörer ein anschauliches Bild historischer Bezüge und zukünftiger Potentiale vermittelt. Den genannten Rednern sowie den Kollegen Leilich, Ernst und Lindmayer, die an der Vorbereitung des Kolloquiums beteiligt waren, möchte ich an dieser Stelle sehr herzlich meinen Dank für ihren wertvollen Beitrag zur Gestaltung unseres festlichen Tages aussprechen.

Angesichts der vielfältigen Aktivitäten und der fundamentalen Beiträge, mit denen unser Gaußpreisträger schon sehr früh maßgeblich an der Entwicklung der Informatik beteiligt war, konnte es nicht ausbleiben, dass dieser Vormittag faktisch schon teilweise einer Laudatio ad personam entsprach. Diese Würdigung der persönlichen Leistung von Robert Piloty ist nun aber unmittelbar der nun folgenden Laudatio vorbehalten, die dankenswerterweise Hans-Otto Leilich übernommen hat – der als Pionier der Informatik in Braunschweig wie kein anderer in der Lage ist, uns die Preiswürdigkeit des Wirkens von Robert Piloty für die Gaußmedaille 2001 nahe zu bringen.

Ich danke Ihnen, dass Sie mir geduldig zugehört haben.

PROF. EM. DR.-ING. HANS-OTTO LEILICH, Wolfenbüttel

Laudatio zur Verleihung der Carl-Friedrich Gauß-Medaille an Prof. Dr.-Ing. Robert Piloty

Sehr geehrter Herr Präsident,
hohe Festversammlung,
verehrter, lieber Herr Kollege Piloty!

In diesem Jahr ehrt Sie, lieber Robert Piloty, die BWG als einen hochverdienten Pionier der Informationstechnik mit der Verleihung der Gauß-Medaille. Wenn ich jetzt versuchen möchte, Ihre Beiträge zur Informationstechnik zu würdigen, habe ich über 50 Jahre abzu- arbeiten. Dabei bin ich versucht, die ersten, spektakulär erfolgreichen Jahre in München, über die ich als „Zeitzeuge“ berichten kann, überzubewerten. Diese Phase kann man auch mit schönen alten Bildern von gewaltiger Hardware illustrieren [1]. Ich möchte aber auch auf Ihre in aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ausstrahlenden Beiträge aus der langen Wirkungszeit in Darmstadt eingehen, wobei mir die Vertreter unserer Nach- folgegeneration, Hans Eveking [2], Rolf Ernst, Dominique Borrione und Klaus Waldschmidt, wertvolle und dankenswerte Amtshilfe geleistet haben.

Als Sie, lieber Robert Piloty (1924 in München geboren), nach dem Studium der Nach- richtentechnik an der TH-München im Jahre 1948 von den damals bekannt gewordenen „Elektronischen Rechenanlagen“ in den USA fasziniert wurden, haben Sie - als kaum 24- Jähriger von Begeisterung und jugendlichem Elan getragen – bewirkt, daß an der TH-Mün- chen diese Technik nicht nur erforscht, sondern auch entwickelt und von Grund auf gebaut wurde. Um diese Leistung zu charakterisieren, möchte ich mit einigen Schlaglichtern die Entwicklung der Rechnertechnik bis zum Stand vor etwa einem halben Jahrhundert beginnen.

Adam Riese (Abb. 1) hatte bereits 1574 sein Lehrbuch „Das Rechnen auf den Linien“ geschrieben. Die Rechenmaschinenteknik bestand dabei – wie auch beim Abakus – in der



Abb. 1: Rechenbrett, Adam Riese's Lehrbuch: Das Rechnen auf den Linien (1574)

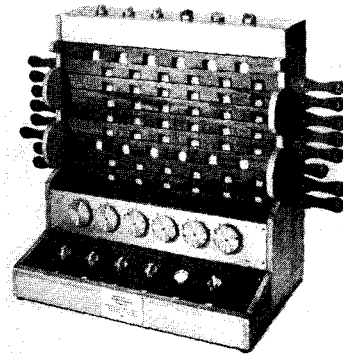


Abb. 2: Rechenmaschine von Wilhelm Schickard (1592-1635)

Visualisierung des Rechen-Schemas mit der Speicherung einer Zahl. *Wilhelm Schickard* (Universalgenie an der Tübinger Universität) hatte seine Maschine zur mechanischen Ausführung der Rechenregeln schon 1624 entworfen (Abb. 2). Danach entstanden die prächtigen „Vierspezies-Rechenmaschinen“ mit vollständiger Mechanisierung der vier Grundrechenarten, z.B. die von *Leibniz* (Abb. 3). Als die Maschinen dann schneller rechneten als

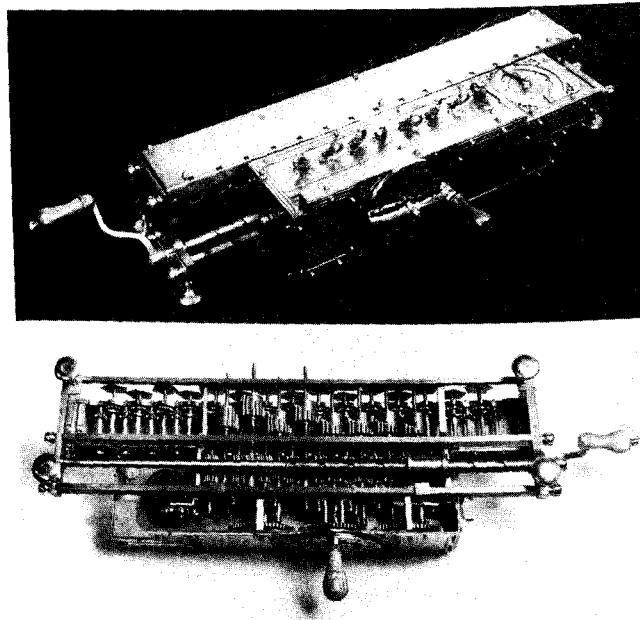


Abb. 3: Rechenmaschine von Leibnitz (1646-1716)

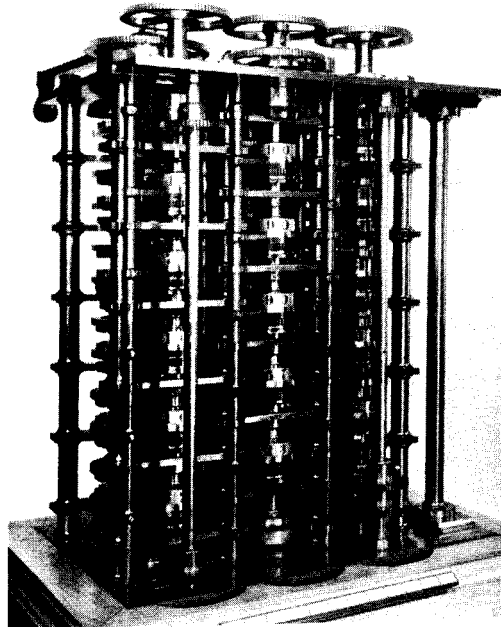


Abb. 4: „Difference Engine“ entworfen 1822-1842 von Charles Babbage

man die Zahlen manuell eingeben konnte, begann man mit der *automatischen Steuerung* der Eingabe und der Kopplung aufeinander folgender Rechenoperationen – ein früher ganz typischer Entwicklungsschritt der gesamten Informationstechnik, nämlich die Verknüpfung verschiedener Geräte, Funktionen und schließlich ganzer Wissensgebiete. *Babbage* (Abb.4) schlug (1822) eine „difference engine“ vor, die mit einem raffinierten Räderwerk die Ausführung einer Kette von mathematischen Funktionen steuerte (die aber aufgrund der Probleme mit der damals verfügbaren Mechanik nie echt funktionsfähig wurde). *Konrad Zuse* (1910-1995) baute 1941 die „Z3“ (Abb.5), die erste funktionierende programmgesteuerte Rechanlage der Welt (jetzt im Deutschen Museum in München) mit elektromagnetischen und mechanischen Bauelementen. Er war Bauingenieur und wurde animiert durch die eintönige manuelle Bedienung mechanischer Rechenmaschinen zur Lösung von Gleichungssystemen für die statischen Berechnungen von Brücken. An dieser Stelle möchte ich zwei historische Beispiele einfügen, die gar keine „Rechenmaschinen“ waren, sondern die die Programmsteuerung von Produktions- und Datenverarbeitungs-Prozessen betrafen: den *Jacquard'schen Webstuhl* (Abb.6) mit Lochstreifensteuerung (1812) und die *Hollerithkarte* (am Beispiel der Volkszählung in den USA 1890, Abb.7).

Die Elektronenröhre wurde schon Ende des 19. Jahrhunderts erfunden und für die Verstärkung von Funk- und Tonsignalen eingesetzt. Etwa zu Anfang der 40-er Jahre wagte man erstmals, die Vakuumröhren für die Rechen- und Steuertechnik einzusetzen. Die Elek-

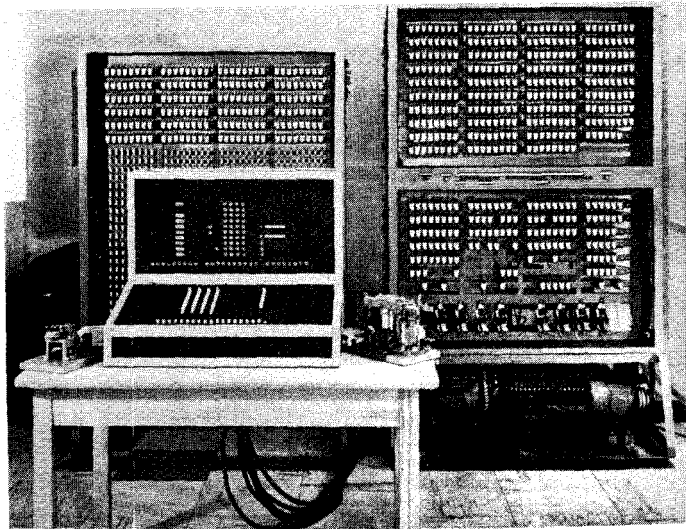


Abb. 5: Konrad Zuse, Z 3 (1941):
Das erste betriebsfähige programmgesteuerte Rechenggerät der Welt

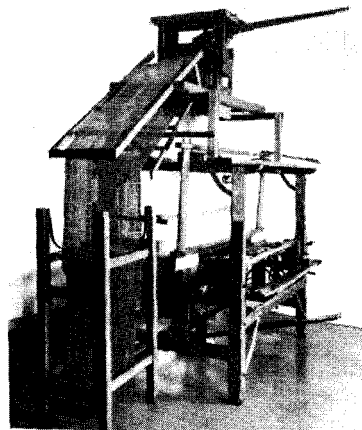


Abb. 6: Nördlinger Teppichwebstuhl mit Jacquard-Steuerung (1812)

tronik gab der Rechnertechnik einen gewaltigen Aufschwung. Nicht nur die Funktionsgeschwindigkeiten und die Speicherkapazitäten sind um Größenordnungen gewachsen, sondern auch die Kompliziertheit und Zuverlässigkeit herstellbarer Anlagen und Geräte. Durch diese *quantitativen* Verbesserungen (bis heute etwa um das Milliardenfache) ent-



Abb. 7: Hermann Hollerith (1860-1929)
Erste Verwendung der Hollerith-Lochkarte bei der Volkszählung 1890 in den USA.

wickelten sich nicht nur die schon vorhandenen Anwendungsgebiete. Die Digitaltechnik bekam eine ganz neue Note, indem sie auch in viele neue Gebiete eindrang, die bis dahin nicht als Domaine der automatischen Informationsverarbeitung angesehen wurden: Bibliothekswesen, Konstruktionswesen, Medizin, Ausbildung usw. Sie veränderte selbst die einstigen „Anwendungsgebiete“ – wie wir heute alle wissen.

Bei der heutigen breiten Diskussion der Medientechnik kann man leicht vergessen, daß in jedem Telefon, Handy, Fernseher, Ortungssystem ect. elektronische Computer enthalten sind, die als Motor für die Entwicklung des Informationszeitalters wirkten. Natürlich sollte man hier nicht die im Folgenden vorgestellten gewaltigen „Rechen- und Steuerwerke“ des Röhrenzeitalters vor Augen haben, sondern die durch enormen Fortschritte der Elektronik, der Entwicklung der Rechnerstrukturen, der Speichertechnik und der Betriebs- und Anwenderprogrammierung in 50 Jahren gereiften „Prozessor-Chips“. Wichtig ist, daß die Elektronik nicht einfach kam, sondern daß sie – wie alle Erfindungen und Entwicklungen – von Menschen als persönliche Pionierleistungen gemacht wurden. Sie erforderten Neugier, Spürsinn und Erfindergeist. Der Erfolg erfordert aber auch viel viel Fleiß, Einsatzbereitschaft, Überzeugungskraft und Durchsetzungsvermögen.

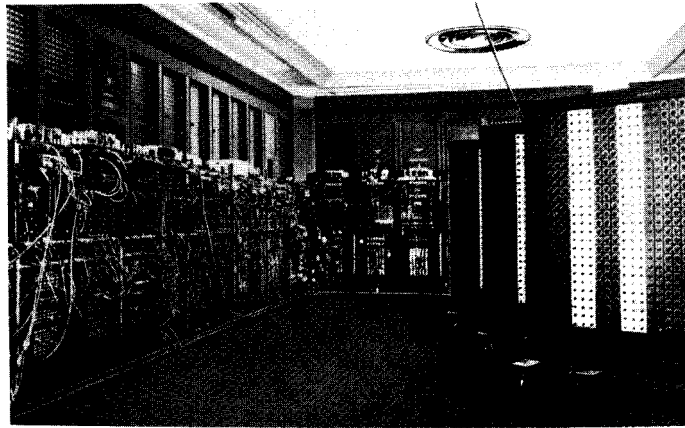


Abb. 8: ENIAC (Elektronic Numerical Integrator And Computer 1943-1946)

In den Kriegsjahren (1943-46) wurde der erste elektronische Rechner, der ENIAC („Electronic Numerical Integrator And Computer“, Abb.8) – in den USA entwickelt. Eckert und Mauchly waren ihre „Schöpfer“. Ein technisches Monster mit 18000 Radio-Röhren. Er konnte etwa 400 Multiplikationen pro Sekunde ausführen. Der sog. „Von-Neumann-Rechner“ wurde 1946-52 im „Institute for Advanced Studies (IAS)“ der Universität Princeton gebaut. Er begründete die berühmte „John-Von-Neumann-Struktur“ mit gespeichertem Programm, Befehlszähler und bedingten Sprüngen. Dieses Urmodell hatte nur 2300 Röhren und einen riesig großen Speicher aus 40 Fernsehröhren (Williamsröhren) mit 1024 Worten zu 40 bit – die Maschine hatte also im heutigen Jargon gesagt, insgesamt nur „5 Kilobytes RAM“. Mitarbeiter in diesem Institut berichteten mir später, daß die Maschine wegen ihrer Unzuverlässigkeit mit dem Spottnamen „FIASCO“ für „First Institute of Advanced Studies Computer“ belegt wurde. Aber das Potenzial dieser genialen Architektur konnte mit dem Funktionsmuster überzeugend dargelegt werden. Einen Wirbelsturm an Rechenleistung stellte nach damaligen Maßstäben die „Whirlwind I“ (Abb.9 und 10) dar, die 1947-1950 an der MIT (Massachusetts Institut of Technology) in Boston gebaut und wegen der Bedeutung dieser neuen Technologie für den militärischen Bereich lange Zeit geheim gehalten wurde. Es war auch eine gewaltige Anlage mit 6300 Röhren, 1800 Relais, 22 000 Dioden und 34 Williamsröhren (2k Worte, parallel). Später wurde dort der von Forrester entwickelte erste Ferritkern-Speicher eingesetzt.

Sie, Herr Piloty, hatten Gelegenheit, als einer der ersten Zivilisten (und gar noch als Deutscher) diesen „Whirlwind“-Computer sehen zu dürfen. Von Mai bis Oktober 1948 fand nämlich an der MIT eine „Summerschool“ statt, zu der Sie im Rahmen eines Austauschprogramms als einziger Deutscher ausgewählt wurden. Nachdem ich damals nicht dabei war, zitiere ich hier wörtlich aus dem sehr präzisen historischen Werk „Rechnende Maschinen“ von Hartmut Petzold [3]: „... Der Eindruck des mit mehreren hundert Elek-

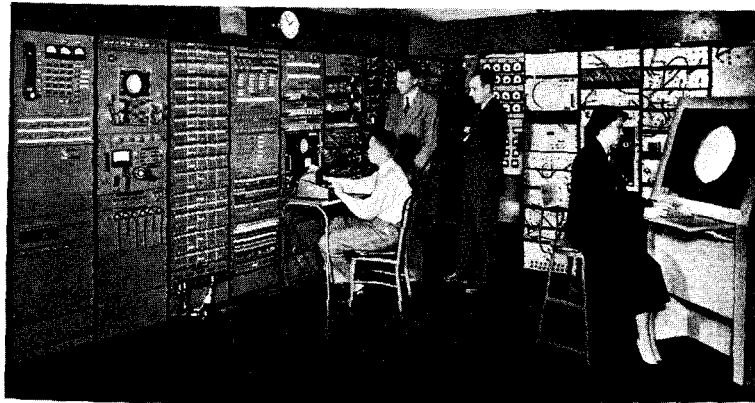


Abb. 9: Whirlwind (1947-1950), MIT (Massachusetts Institute of Technology)

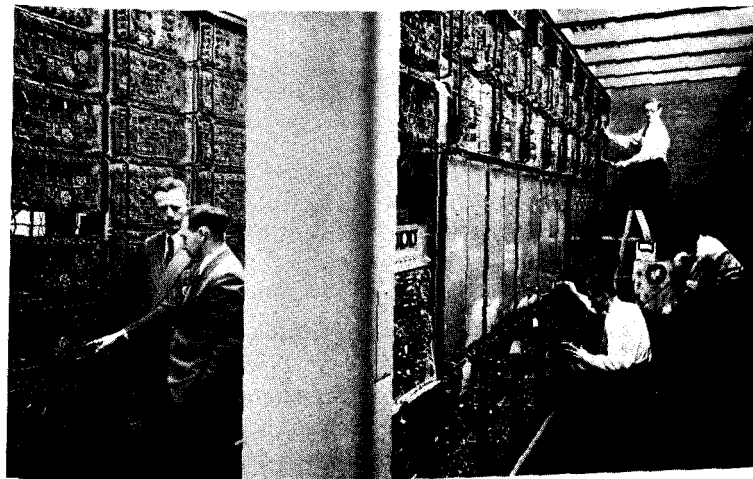


Abb. 10: Whirlwind I
links: Rechenwerk, rechts: elektronische Speicherröhren

tronenröhren versehenen Chassis und die groben Erklärungen weckten blitzartig das Interesse Pilotys. Er erkundigte sich noch am MIT genauer nach den Arbeiten auf diesem Gebiet und erfuhr erstmals von der Existenz der ENIAC und den Arbeiten John von Neumanns. Er erreichte es, daß ihm eine Kopie des umfangreichen, wichtigen von-Neumann-Berichts auf Mikrofilm nach München nachgeschickt wurde. (Er) schlug nach seiner Rückkehr nach München am Institut für Nachrichtentechnik der TH, dessen Direk-

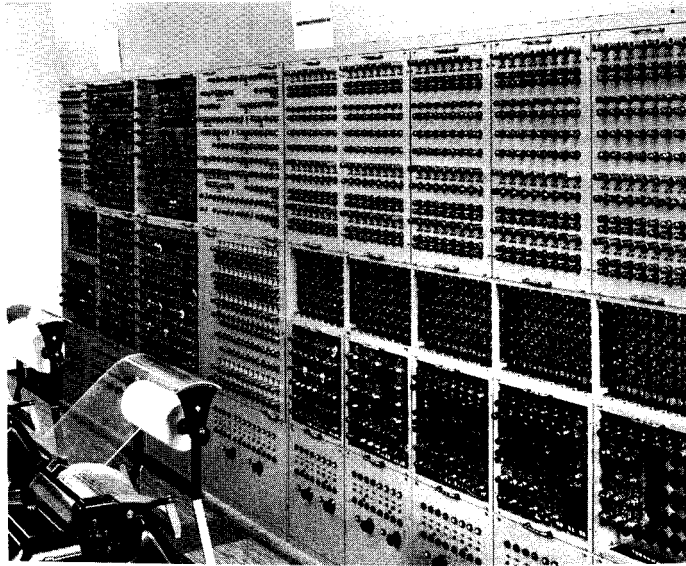


Abb. 11: PERM (1952-1956): Programmgesteuerte Elektronische Rechenanlage München

tor sein Vater, Hans Piloty (geb. 1894) war, die Entwicklung einer eigenen elektronischen digitalen Rechenanlage vor. Der Vorschlag wurde angenommen, und Robert Piloty konnte etwa ein Jahr lang bis zum Herbst 1949 erste Versuchsschaltungen aufbauen, die aus Institutsmitteln finanziert wurden.“

Das war also der Startpunkt für die „Programmgesteuerte Elektronische Rechenanlage München“ (1952-1956, Abb.11). Die Strukturentwicklung und die Leitung der PERM-Entwicklung war in Ihrer Hand (von „Piloty Junior“) . Finanziell wurde das für damalige Verhältnisse große Hochschul-Forschungs-Projekt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglicht. Ähnliche Rechner-Projekte wurden in dieser Nachkriegszeit gleichzeitig auch an der TH-Darmstadt (Prof. Alwin Walther) und bei der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen (Prof. Biermann und Heinz Billing) gefördert. Es wurden gezielt verschiedene Rechnerstrukturen erforscht und realisiert (dezimal/binär, parallel/serielle Struktur der Rechenwerke) und der Austausch der Erfahrungen unter den Entwicklern bewußt gepflegt, auch mit den entsprechenden Forschergruppen in Wien und Zürich.

Ich konnte damals als frisch-gebackener Diplom-Ingenieur gleich an der PERM mitarbeiten. Bei meiner Dissertation war Robert Piloty später mein Betreuer – ich fühle mich noch immer als sein „Schüler“ – und sein Vater, Hans Piloty, war mein Doktorvater. Wir waren eine kleine Ingenieurmannschaft. *Walter Proebster* hat die Hauptarbeit beim Entwurf des Rechen- und des Steuerwerks geleistet (Abb.12), *Hermann Macha* entwarf den mechanischen Teil des Trommelspeichers, ich habe die Magnetköpfe und die Speicher-elektronik entwickelt (Abb.13). Weitere Assistenten, Werkstätten und Werkstudenten, wir

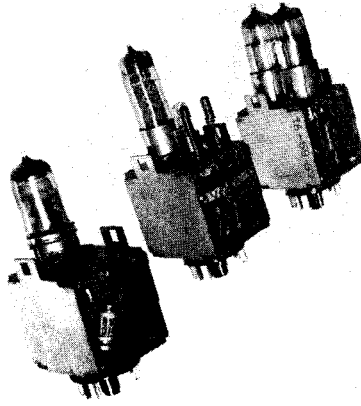


Abb. 12: Steckeinheiten der PERM, Implussgatter, Flip-Flop und Schieberegister-Stelle



Abb. 13: Magnettrommelspeicher der PERM,
(8192 Worte a 51 Bit, 15.000 Umdr./Min), Aufnahme: 1954 (?)

wirkten in späteren Bauphasen intensiv mit. Alle arbeiteten auf Neuland, keiner hatte eine Vorlesung über Schaltkreistechnik, über Bool'sche Algebra, über Programmierung oder gar Informatik gehört. Bücher, Fachaufsätze, Kolloquien über dieses Gebiet waren zunächst schwer zugänglich. Nach meinen Erinnerungen war der Ehrgeiz dieser Gruppe, trotz der „irrsinnigen“ und im Laufe der Zeit immer noch zunehmenden Größe des Vorhabens, diesen „Radioapparat mit mehreren tausend Röhren“, zu einem wirklich funktionsfähigem System zu machen, das jahrelang fehlerfrei arbeiten sollte. Ein wichtiges Konzept dazu war die modulare, hierarchische Bauweise (Flipflops und Gatter als getrennt prüfbare Steckeinheiten, Rechenwerkseinschübe etc.). – *Schlüsseldaten*: Taktfrequenz 500 kHz, 2400 Röhren, Trommelspeicher mit 8192 Worten (später Ferritkernspeicher), Additionszeit 8,5 Mikrosekunden. Nach späteren Schätzungen von Walter Proebster war PERM für einige Monate sogar der schnellste Rechner der Welt.

In dem genannten Buch von Petzold sind noch viele interessante Details über den Fortgang der Entwicklung, über die Kontakte zu den „Mathematikern“ (Professor Robert Sauer, unseren Generationskollegen Friedrich L. Bauer, Klaus Samelson und Heinz Schecher) und über die verschiedenen Motivationen zum Bau einer derartigen Pionieranlage. Auch nach meiner persönlichen Erinnerung wurde dieser Kontakt schon früh aufgenommen. Die Denkungsweise von ihnen war natürlich verschieden von der unseren. Die Mathematiker wünschten sich immer mehr Komfort, es gab heftige Diskussionen, ob man die Gleitkomma-Arithmetik, verschiedene Rundungskonzepte, die dezimal-binär-Konvertierung, Adressenrechenwerke usw. in Hardware realisieren sollte oder „nur programmiert“. Kein Wunder, daß es öfter Überschneidungen und Konkurrenzdenken gab, insbesondere wenn die Beteiligten jung, sehr engagiert und begeistert waren. Wir waren natürlich auf einander angewiesen und haben es gemeinsam geschafft. Auch die Mathematiker können auf hervorragende Pionierleistungen stolz sein, z.B. die Entwicklung von höheren Programmiersprachen, den „Algol 58-Compiler“ und das „Indexregister“.

Die PERM wurde ein voller Erfolg. Abb.14 zeigt sie in der Form wie sie nach ihrer Fertigstellung (1956) 17 Jahre lang als Zentralrechner des Leibniz-Rechenzentrums der TH-München diente. (Heute steht sie in der Informatik-Abteilung des Deutschen Museums in München.) Sie hatte eine enorme Ausstrahlung auf Forschung und Lehre in der eigenen und in anderen Hochschulen, auf die industrielle Entwicklung in Deutschland und auf die Akzeptanz dieser Technik.

Nach Tätigkeiten bei IBM (1956-57 beim Aufbau des Forschungslaboratoriums Zürich) und SEL (1957-64 mit dem ersten automatischen Flugbuchungssystem für die SAS) wurde Robert Piloty 1964 an die TH-Darmstadt berufen. Es war damals klar, daß ein Kraftakt wie bei der PERM-Entwicklung (1952-56), nämlich einen Rechner komplett bis zur vollfunktionsfähigen Maschine zu entwickeln, bei dem 12 Jahre später schon fortgeschrittenen Stand der Rechnertechnik an einer Universität nicht machbar war. Die Frage, wie denn trotzdem angehende Ingenieure im Entwurf von digitalen Systemen wie z.B. Rechnern ausgebildet werden können, löste Robert Piloty durch damals etwas völlig Neues: die Entwicklung von *Hardwarebeschreibungssprachen (HWBS)*. Dabei werden digitale Systeme von der einfachen Gatterschaltung bis hin zum kompletten Rechnersystem in einer programmiersprachen-ähnlichen Notation beschrieben, mit dem Ziel jene auf dem

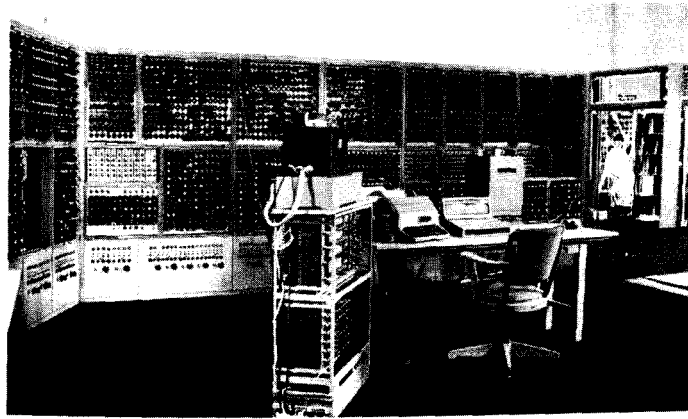


Abb. 14: PERM (im Leibniz-Rechenzentrum München)

Rechner simulierbar zu machen, eine Virtualisierung des Rechnerentwurfs also. Robert Piloty war er einer der ersten, die HWBS – zusammen mit der ersten Generation seiner Assistenten – komplett zum lauffähigen System entwickelten. RTS I, die „Register-Transfer-Sprache #1“ aus Darmstadt war damals in Fachkreisen ein geflügeltes Wort. Das hieß, daß die Hardware-Entwickler plötzlich einen Compiler zu schreiben hatten. Effiziente Simulationsprinzipien mussten erst erfunden werden. Die entstandenen Werkzeuge wurden auch gleich in der Lehre eingesetzt.

Wie war die Reaktion der Industrie auf die HWBS? Es gab am Anfang meist nur ein mildes Lächeln über die „akademischen Bemühungen der Amateure an den Universitäten“. „Richtige“ Hardwaredesigner entwickelten damals immer noch anfassbare Hardware in Form von Prototypen, die dann solange modifiziert wurden, bis die Fehler beseitigt waren und die Serienfertigung beginnen konnte. Dies ging solange gut, bis die Hochintegration die Designer einholte und ein Prototypendebugging einfach an der Unzugänglichkeit der Testpunkte scheiterte. Wenn heute z.B. die Chipsätze für unsere Handy's entwickelt werden, dann müssen alle Chips auf Anhieb funktionieren, wenn sie aus der Fertigung kommen. Und alle werden daher vorher in einer HWBS modelliert und in einem sehr aufwendigen Prozess auf Computern simuliert und verifiziert. Die HWBS sind also heute Grundlage aller Entwurfsprozesse digitaler Systeme. Robert Piloty initiierte zusammen mit anderen eine speziell den HWBS gewidmete Serie von Workshops in der IFIP (International Federation for Information Processing), die bis heute andauert. Die neuen Ideen wurden international intensiv diskutiert und führten dazu, dass eine Fülle von derartigen Sprachen entstanden. Dies verhinderte einen Austausch, eine Zusammenführung oder eine Simulation von Beschreibungen aus unterschiedlichen Quellen, was insbesondere für die industrielle Akzeptanz eine entscheidende Voraussetzung gewesen wäre. Eine *Standardisierung* war die Lösung, und so gründete Herr Piloty 1975 im Rahmen der IFIP die internationale CONLAN Working Group mit dem Ziel, die Grundlage für eine Vereinheitlichung zu

schaffen (CONLAN steht für Consensus Language). Mitglieder waren u.a. Dominique Borriane aus Grenoble, anerkannte Expertin auf dem Gebiet der HWBS.

Große Verdienste erwarb sich Robert Piloty auch auf einem ähnlichen Gebiet: Das denkwürdige „E.I.S.“-Projekt (Entwicklung Integrierter Schaltungen), das 1983 in Deutschland begonnen wurde mit dem Ziel, den Entwurf Integrierter Schaltungen in die Lehre einzubringen. – Ende der Siebziger Jahre herrschte in Deutschland noch die Situation, daß Technologie und Entwurfsmethodik eine Einheit waren, d.h. der Technologe war gleichzeitig auch der Designer. Herr Piloty hatte durch seine Überzeugungsarbeit wesentlich dazu beigetragen, daß dieses übergreifende Mikroelektronik-Projekt vom BMFT an vielen deutschen Hochschulen eingerichtet wurde.

Die Informationstechnik erzeugte in den letzten 50 Jahren generell in der Ausbildung eine derartig rasante Verquickung mit anderen Disziplinen, die auch den Fachleuten von damals kaum vorstellbar war. Sie erforderte neue Strukturen innerhalb der Industrie, Wirtschaft und durchdringt – wie wir alle jetzt wissen – unseres ganzen Lebens, auch in alltäglichen Bereichen. Entsprechend war es auch ein Gebot der Zeit, Forschung und Ausbildung in Schule, Fachhochschule und Universität, anzupassen. Schon während der PERM-Zeit hat Robert Piloty an der TH-München Vorlesungen über Rechnertechnik als Privatdozent bzw. apl. Professor gehalten (1952 - 64). Nach seiner Berufung (1964) an die TU-Darmstadt hat er sich von Anfang an zielstrebig und mit großem Erfolg für die Weiterentwicklung der Informationstechnik in vielen Bereichen engagiert. Er wirkte federführend an Planung und Aufbau des Fachbereichs Informatik an der TU-Darmstadt mit. Auch im überregionalen und im internationalen Bereich spielte Robert Piloty bei den oft sehr heftigen Diskussionen eine prominente Rolle. Er leistete intensive und oft schwierige Überzeugungsarbeit und hatte eine Schlüsselrolle bei der bundeseinheitlichen Definition des „Studiengangs Informatik“, wobei die weltweiten, oft konträren Ansätze der „Computer Science“ oder „Computer Engineering“ zu berücksichtigen waren. Auch bei den prominenten Fachverbänden (VDE, IEEE, ACM) waren Neuorientierungen notwendig, was schließlich 1969 zur Gründung der „Gesellschaft für Informatik“ führte. Als Mitglied der Generalversammlung und als Vizepräsident der Weltorganisation der Datenverarbeitung (IFIP) hat Robert Piloty über viele Jahre die deutsche Informatik international vertreten. Seine Verdienste für die internationale Kooperation wurden durch die Verleihung des IFIP „Silver Core“ anerkannt. Darüber hinaus hat er eine Vielzahl von Auszeichnungen erhalten: die Konrad-Zuse-Medaille der Gesellschaft für Informatik, die Erasmus-Kittler-Medaille, das Bundesverdienstkreuz 1. Klasse, die Ernennung zum IEEE Fellow und die Alwin-Walther-Medaille in Darmstadt.

Meine Damen und Herren, ich hoffe, Ihnen einen Eindruck von den Verdiensten Robert Pilotys vermittelt zu haben, von seinem pionierhaften Beitrag, interdisziplinär Elektrotechnik, Informationstechnik, Mathematik und Informatik zu verbinden.

Lieber Herr Piloty, ich gratuliere Ihnen ganz herzlich zur Verleihung der Gauß-Medaille.

Literatur:

- [1] W. DE BEAUCLAIR: Rechnen mit Maschinen, Eine Bildgeschichte der Rechentechnik, Vieweg & Sohn, 1968
- [2] HANS EVERKING: Professor Piloty 75 Jahre, TU-Darmstadt.
- [3] HARTMUT PETZOLD: Rechnende Maschinen, Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik, Technikgeschichte in Einzeldarstellungen, Band 41/1985, VDI-Verlag, S.389

Prof. em. Dr.-Ing. Hans-Otto Leilich
Emeritus am Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze
Technische Universität Braunschweig
Am Schiefen Berg 61 A · D-38302 Wolfenbüttel

ROBERT PILOTY, Darmstadt

Das Erfolgsgeheimnis des Internet*

1. Das Internet als Phänomen

Kaum eine technische Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat die Lebens- und Arbeitsweisen der Menschen in aller Welt so schnell und nachhaltig beeinflusst wie die vom Internet gebotenen neuen Kommunikationsformen. Das **Wachstum** des Internet sucht in der Technik seinesgleichen. Waren es 1990 noch ca. 1 Million Nutzer, so sind es heute inzwischen ca. 600 Millionen. Ihre Zahl steigt immer noch exponentiell um etwa 70% pro Jahr. Das Internet ist zum Anlaß für einen grundlegenden **Paradigmenwechsel** für unser kulturelles, wirtschaftliches und privates Leben geworden. Nicht zuletzt auf seiner Grundlage haben die Begriffe der **Wissensgesellschaft** und **Globalisierung** ihre heutige Bedeutung erlangt. Die Medien sind voll mit Hinweisen auf das Internet. Jede Firma, die etwas auf sich hält, hat ihre Homepage bzw. Internetadresse, die das Publikum jederzeit „besuchen“ kann. Die Suche nach IT Fachleuten mit der Green Card hat viel mit dem Internet zu tun. Werben, Einkaufen und Verkaufen über das Internet wird als die Geschäftsform der Zukunft angesehen. Auch die Politik mißt dem Internet größte Bedeutung zu. So kam sie **auf dem G8 Treffen des Jahres 2000** zu dem Schluß, daß **das 21. Jahrhundert entscheidend vom Internet geprägt** sein wird.

All das unterstreicht, daß die Entwicklung des Internet ein unglaublicher Erfolg ist, den in seinen Anfängen wohl niemand in dem Umfang vorausgesehen hat.

2. Das Internet als technisch/organisatorisches System

Das Erklärung für das Phänomen „Internet“, das Geheimnis seines überwältigenden Erfolges erschließt sich erst dann, wenn man das Internet als technisch/organisatorisches System betrachtet und verstanden hat, welche Leitideen seinen Aufbau und seine Entwicklung bestimmt haben und wodurch es sich von den klassischen **Telekommunikations (Tk)-Systemen** unterscheidet bzw inwieweit es über sie hinausgeht.

Die uns geläufigen elektrischen Telekommunikations-Systeme sind das Ergebnis einer beinahe 150-jährigen Entwicklung. Sie gehen auf die Erfindungen des ausgehenden 19. Jahrhunderts von Morse, Reis, Bell, Hertz, Marconi und vielen anderen zurück. Tk-Systeme nach dem Schema der Abb. 1 bestehen aus **Teilnehmerstationen (TnS)**, die an ein Verbindungsnetz angeschlossen sind. Mit Hilfe dieses Netzes können dann die Nutzer der TnS Verbindungen zu bestimmten **ausgewählten (adressierten)** Kommunikationspartnern herstellen, und anschließend Abb. 1 über diese Verbindungen Nachrichten **senden, empfangen** oder **austauschen**.

* Vortrag anlässlich der Verleihung der Gauss-Medaille durch die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft am 18. Mai 2001 in Braunschweig.

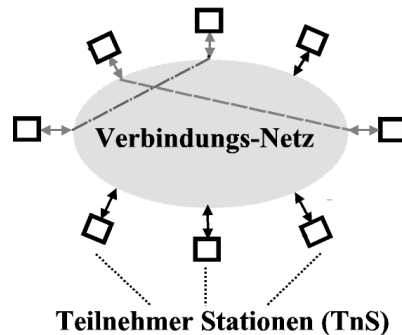


Abb. 1: Telekommunikations-System

Entscheidend für die Ausbreitung der Telekommunikationssysteme war die Idee der Pioniere, **elektrische Signale** in **analoger** oder **digitaler** Form zur Übertragung von Nachrichten zu benutzen und damit erstmalig in der Menschheitsgeschichte die Grundlage für praktisch verzögerungsfreie Kommunikation über beliebige Entfernungen zu schaffen. Dabei ist einsichtig, daß die konkrete Ausgestaltung eines Tk-Systems davon abhängt, welche Art von Nachrichten übertragen werden sollen und in welcher Form die Kommunikation ablaufen soll, kurz, welche **Dienste** dem Nutzer angeboten werden sollen.

Mit zwei klassischen Ausprägungen von Tk-Systemen nach diesem Modell sind wir seit langem wohlvertraut: (1) dem internationalen **Fernsprechnetz** und (2) dem weltweit verbreiteten **Rundfunk und Fernsehsystem**.

Das Fernsprechsysteem (Abb. 2) ist gekennzeichnet durch das **Telefon** als TnStation und durch ein weltumspannendes Leitungsnetz. Dieses ist ausgerüstet mit **Koppelfeldern**, mit denen gleichzeitig eine große Zahl von Verbindungen zwischen beliebigen Teilnehmern hergestellt und gehalten werden können, über die elektrische Sprachsignale in **analoger Form** übertragen werden. Grundlage für die Verbindungsauswahl ist ein internationales System von **Telefonnummern** als Adressen, durch die jeder Teilnehmer eindeutig ge-

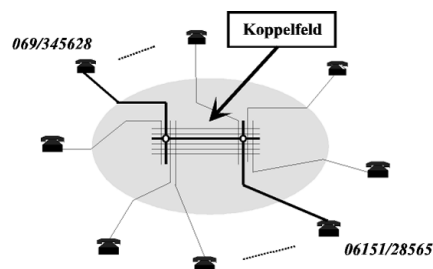


Abb. 2: Fernsprechsysteem

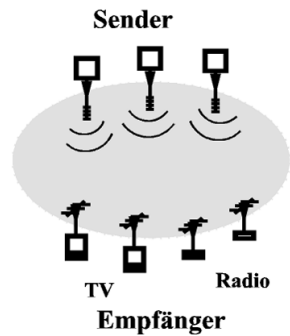


Abb. 3: Rundfunk/Fernsehsystem

kennzeichnet. ist. Der vom System angebotene Dienst besteht in der Hauptsache in der Bereitstellung von **Sprech-** und – seit einiger Zeit – **Faxverbindungen**.

Das Rundfunk und Fernsehsystem (Abb. 3) basiert in unserem Modell auf zwei Arten von Teilnehmerstationen: den **Sendern** und den **Empfängern**. Als Verbindungsnetz zwischen Sender und Empfängern fungieren die von den Sendern ausgestrahlten Funkwellen, neuerdings auch spezielle Kabelnetze. Die bereitgestellten Dienste bestehen in den von den Sendern heute noch in überwiegend **analoger Form** ausgestrahlten **Rundfunk-** und **TV-Programmen**. Die den Sendern zugeordneten **Funkfrequenzen** bilden dabei das **Adresssystem**, über das die Empfänger die einzelnen Sendestationen mit den von ihnen angebotenen Programme anwählen können. Genau genommen gibt es noch zusätzlich ein **Programmversorgungsnetz**, über das die Sender ihre Programme von den Funkhäusern erhalten. Der Übersichtlichkeit halber wurde es aber im Schema der Abb. 3 weggelassen.

Das **Internet** als Neuzugang zu den klassischen Tk-Systemen fügt sich zwanglos und zunächst ganz unspektakulär in unser Modell für Tk-Systeme ein (Abb. 4). Die Teilnehmer-Stationen sind in diesem Falle **Rechner (hosts)** unterschiedlicher Größe und Leistungsfähigkeit vom PC bis zum Großrechner. Die Bezeichnung „host“ suggeriert

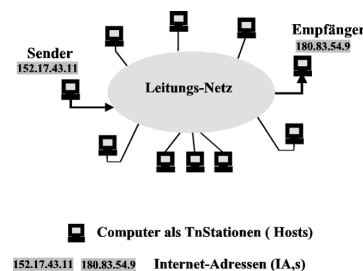


Abb. 4: Das Internet

dabei, daß die TnS des Internet die Stellen im System sind, welche die vielfältigen neuen **Internet Dienste** beherbergen. Verbunden sind sie über ein weltweites **Leitungs-Netz**. Über dieses Netz werden die von den TnS erzeugten Informationen – ganz gleich, ob es sich um Text, Bild oder Ton handelt – ausschließlich **digital codiert** d.h. als **Bitfolgen** übertragen.



Jede TnS des Internet wird weltweit eindeutig durch eine ihm eigene **Internet-Adresse (IA)** gekennzeichnet. Sie besteht nach Abb. 5 aus 4 Zahlen, die jeweils dem Wertebereich zwischen 0 und 255 entnommen sind. Dadurch lässt sich jede dieser Zahlen systemintern auf eine Folge von 8 bit, die gesamte IA mithin auf ein Maschinenwort von $4 \cdot 8 = 32$ Bit abbilden. Da diese Adressen schwer zu merken sind, ist Vorsorge getroffen, daß den IA's alphanumerische **Hostnamen** zugeordnet werden können, die etwas über den Betreiber der TnS aussagen. Diese Hostnamen bestehen aus einer Reihe von einzelnen, weitgehend frei wählbaren, durch Punkte getrennte Teilnamen. Jede Folge von Teilnamen beginnend mit dem rechten Rand

(z.B. „de“, „tu-darmstadt.de“, „e-technik.tu-darmstadt.de“, usw.)

kennzeichnet eine Namensdomäne. Jeder ist ein Namensverwalter zugeordnet, der für Vergabe der links anhängbaren Teilnamen zuständig ist. Die oberste Domäne (z.B. die Landeskennung „de“) wird von der Zentrale in den USA vergeben. Durch dies gestaffelte Vergabesystem wird dafür gesorgt daß Namen nicht doppelt auftreten können. Die Zuordnung der Namen zu den IA's ist in sog. **Nameservern** gespeichert. Dies sind spezielle TnS, die im Internet verstreut als elektronische „Adressbücher“ fungieren und von den übrigen Teilnehmern jederzeit abgefragt werden können.

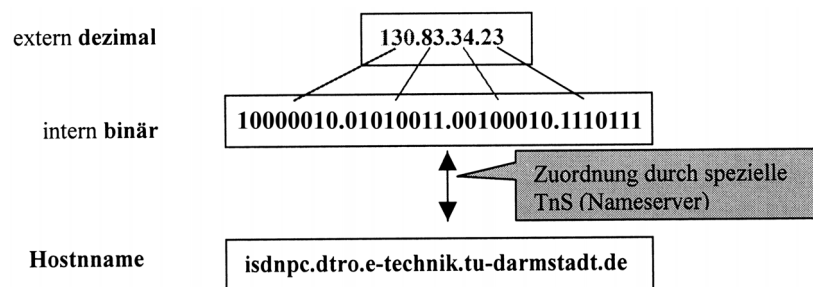


Abb. 5: Internetadressen (Darstellungsformen)

Soviel über die wichtigsten Merkmale des Internet im Rahmen unseres allgemeinen Tk-Systemmodells. Man erkennt, der Grundgedanke ist relativ einfach:

- (1) Zusammenschaltung von Rechnern über ein Leitungsnetz,
- (2) einheitliches, universelles Verfahren zur Adressierung dieser Rechner und für den Datentransport zwischen ihnen.

Er entstand anfang der 70er Jahre in den USA im Bereich der Militärforschung, um den Informationsaustausch zwischen den beteiligten, räumlich getrennten universitären Arbeitsgruppen in Kalifornien zu beschleunigen und damit die Zusammenarbeit an gemeinsamen Projekten zu fördern. Ein wesentliches Ziel war damals noch, die Datenverbindungen so zu gestalten, daß sie auch unter Feindeinwirkung erhalten bleiben.

Wie schon erwähnt, besteht das Erfolgsgeheimnis des Internet in der Frage nach den technisch/organisatorischen Konzepten und Ideen, die aus diesen ersten, relativ bescheidenen Ansätzen heraus in kürzester Zeit zu einem weltumspannenden, der gesamten Weltbevölkerung zugänglichen neuen Tk-System geführt haben. Die Antwort auf diese Frage ist auch deshalb für das Verständnis des Internet so wichtig, weil zur Zeit seiner Entstehung in Form der klassischen Tk-Systeme für Fernsprechen, Rundfunk und Fernsehen weltweit ein mehr als reichhaltiges Angebot an Kommunikationsmöglichkeiten in technisch ausgereifter Form existierte und damit nicht ohne weiteres einzusehen ist, wieso sich dann ein weiteres Kommunikationssystem so erfolgreich durchsetzen konnte.

Die Antwort auf die oben gestellte Frage kann man an sechs Leitideen festmachen, die für die Gestaltung des Internet maßgebend waren. Sie sollen nachfolgend näher betrachtet werden.

3. Leitidee I: Universelle, speicherfähige Teilnehmerstationen

Betrachtet man die klassischen Tk-Systeme, so fällt auf, daß sie mit hochspezialisierten Teilnehmerstationen arbeiten, die technisch auf ganz bestimmte, weitgehend standardisierte Kommunikationsdienste zugeschnitten sind. Im Fernsprechdienst sind es die **Telefone**, ausgelegt und optimiert für den interaktiven Sprechverkehr, bei Rundfunk und Fernsehen die **Radio- und Videogeräte**, eingerichtet ausschließlich für den **Empfang** von Ton und Bewegtbildern ohne Möglichkeit für die inhaltliche Interaktion mit den Sendern.

Des weiteren sind weder ihre TnS noch das sie verbindende Netz in der Lage, übertragene Informationen ganz oder teilweise zu speichern und ohne Eingriffe des Benutzers für nachfolgende Kommunikationsvorgänge zu nutzen. In diesem Sinn sind sie reine Übertragungssysteme, d.h. „gedächtnislos“. Während des Ablaufes und nach Beendigung einer Kommunikation z.B. eines Gespräches oder einer empfangenen Sendung bleibt im System keine Spur der übertragenen Informationen zurück. Der Benutzer muß diese so, wie sie ankommen, unmittelbar aufnehmen und in seinem eigenen Gedächtnis ev. unterstützt durch Hilfswerkzeuge (Bleistift, Papier, Bandaufzeichnung) festhalten, falls er später darauf zurückgreifen möchte.

Im Internet dagegen sind die Teilnehmerstationen handelsübliche, **frei programmierbare Computer**, größtenteils PC's der verschiedensten Hersteller, aber auch größere

professionelle Computer bis hin zu veritablen Großrechnern. Ausgestattet mit Bildschirm, Tastatur, Drucker, CD-ROM Laufwerk und zusätzlich oft mit Lautsprecher, Mikrofon und Videokamera verfügen sie über eine ganz allgemeine multimediale Benutzerschnittstelle. Gerätetechnisch sind sie damit in keiner Weise auf bestimmte Funktionen, insbesondere Kommunikationsformen und -dienste, festgelegt. Neben ihrer Nutzung als Internet TnS können sie auch als **alleinstehende Rechner** für den täglichen Gebrauch vor Ort benutzt werden. Welche Funktionen sie in diesen Bereichen übernehmen wird allein durch **Software**, d.h. durch die Programme bestimmt, die auf ihnen ablaufen. Änderungen und Neuentwicklungen in den Kommunikationsdiensten können auf diese Weise eingeführt werden, weitgehend ohne kostenträchtige Änderungen der Hardware in den vielen Millionen von TnS nach sich zu ziehen. Sie treten vielmehr durch „updates“ vorhandener Softwarepakete oder durch völlig neue in Erscheinung. Diese können rein technisch (wenn auch nicht immer urheberrechtlich) praktisch kostenlos reproduziert werden und auf geeigneten Datenträgern (Disketten, CD-ROM's) oder als „download“ übers Netz den Teilnehmern zugestellt werden und von ihnen ohne Spezialkenntnisse in ihren TnS installiert werden.

Entscheidend aber für das Potential und Wachstum des Internet ist, daß

- seine TnS durch die Verwendung von Computern über **große, frei verwendbare Speicher** in Form von Festplatten und CD-ROM Laufwerken verfügen
- diese TnS über das Verbindungsnetz **Inhalte** ihrer Speicher, bearbeitet oder unbearbeitet, unter Kontrolle ihres Nutzers von einer Teilnehmerstation zu einer anderen **übertragen** können.
- die TnS, wie oben erwähnt, mit einer flexiblen **multimedialen Peripherie** für Text, Bild und Ton ausgestattet werden können.

Im Gegensatz zu den klassischen Tk-Systemen gibt es damit erstmals ein Tk-System mit frei gestaltbarer Benutzeroberfläche und der Fähigkeit, Information praktisch unbegrenzt nach Umfang und Dauer zu speichern und von einem Ort der Welt zum anderen zu transportieren. Die in den TnS gespeicherten Daten bilden in diesem Sinn ein riesiges, **kollektives Gedächtnis** der Internet-Teilnehmer, das sie gemeinsam zur Unterstützung ihrer Arbeit oder zu ihrem Vergnügen, sei es als Anbieter von Informationen oder als deren Konsument nutzen können. Ein wesentliches Element der Internet-Philosophie ist dabei, daß sich jeder neue Teilnehmer gleichberechtigt in diesen Prozeß des Gebens und Nehmens einklinken kann. Welche Informationen im Internet zu finden sind, wird dadurch im wesentlichen durch Angebot und Nachfrage, also durch die Gesetze des freien Marktes, bestimmt und nicht etwa durch staatliche oder privatwirtschaftliche Monopole von Internetbetreibern.

In welcher Größenordnung das Potential zur Speicherung dieses kollektiven Gedächtnisses liegt, kann man abschätzen, wenn man die Festplattenkapazität aller derzeit 600 Millionen Internet-Teilnehmer zusammenzählt. Auch wenn nur 20% dieser Kapazität für Internetanwendungen genutzt wird, ergibt dies eine gewaltige Menge an Information.

Angenommen 1 Gigabyte (1000 Mio Byte) je Festsplatte werden genutzt, so erhält man 600 Mio Gigabyte. Dies entspricht, falls zur Speicherung von Text verwendet, 750 Mil-

liarden Büchern mit je 1600 Zeichen je Seite und 500 Seiten pro Buch. Die größte Bibliothek der Welt, die Library of Congress der USA, umfaßt ca. 17 Mio Bücher. Damit könnte der kollektive Speicher des Internet etwa 45000 mal diese Bibliothek aufnehmen. Man darf annehmen, daß damit ein wesentlicher Teil, wenn nicht sogar das gesamte öffentliche Weltwissen darin Platz fände. Man muß sich dabei allerdings vor Augen halten, daß dieses Wissen nicht nur in Textform vorliegt, sondern auch in Form von Graphiken, Bildern und Tönen, die u.U. viel mehr Speicherkapazität je Einheit (Gemälde, Konzertstück etc) verbrauchen. So benötigt eine Bildseite in einem Buch in etwa 100 mal mehr Bytes als eine Seite Text. Aber auch mit dieser Einschränkung ist das Speicherpotential des Internet immer noch riesig, besonders wenn man die Kapazität von CD-ROM's in den TnS mitberücksichtigt.

Die Vorstellung, daß das dort gespeicherte Wissen über das Internet potentiell von jedermann auf Knopfdruck in Sekundenschnelle – unabhängig vom Ort, wo es aufbewahrt wird – abgerufen werden kann, hat die Phantasie vieler Kulturphilosophen unserer Zeit beflügelt. Sie sehen im Internet die Basis für eine neue gesellschaftliche Revolution: den Übergang der Informationsgesellschaft zur **globalen Wissensgesellschaft**. Ihr Argument ist: wenn in Zukunft jede neue Erkenntnis ins Internet „gestellt“ wird und damit weltweit für jeden verfügbar ist, wird das erheblich zu Beschleunigung des Wachstums menschlichen Wissens beitragen. Der Einzelne wird damit mehr als bisher zur Wahrung seiner beruflichen und persönlichen Chancen Gewicht darauf legen müssen, über Einrichtungen, wie das Internet, mit seinem Wissen auf der Höhe der Zeit zu bleiben und Wissen als eine besonders wichtige Ressource für die Gestaltung seines Lebens zu begreifen.

Diese Thesen scheinen heute weitgehend von der Allgemeinheit akzeptiert zu sein und sind schon in erstaunlichem Maße in die Konzepte von Wirtschaft und Politik für die Weiterentwicklung von Bildung und Ausbildung eingeflossen. Sie haben ganz wesentlich zur Popularität des Internet beigetragen und dazu geführt, daß derzeit das im Internet gespeicherte Datenvolumen alle hundert Tage um das Doppelte wächst. Dabei profitiert das Internet natürlich auch von den enormen Fortschritten im Preis/Leistungsverhältnis der Rechnertechnologie, aufgrund derer heute im Jahr 2001 eine 8 Gigabyte Festplatte schon für ein paar hundert Mark zu haben ist.

Der Umgang mit dem riesigen kollektiven Speicher des Internet hat aber auch seine Tücken. Jeder, der heute im Internet „surft“, weiß, wie schwer es ist, die Spreu vom Weizen zu trennen d.h. in der Masse des Gespeicherten die Informationen zu finden, die man sucht. Diese Aufgabe gleicht oft der Suche nach der berühmten Stecknadel im Heuhaufen und verschlingt dann viel Zeit vor dem Bildschirm. Es ist eben ein großer Unterschied zwischen vorhandener und gefundener Information. Eines der wichtigsten Hilfsmittel für den Internetnutzer sind deshalb die sog. **Suchmaschinen**, d.h. Programme die den kollektiven Speicher der Internetgemeinde systematisch nach vorgegebenen Suchbegriffen absuchen. Weiter müssen Vorkehrungen für die **Datensicherheit** getroffen werden, d.h. dafür, daß die Teilnehmer Herr über die Entscheidung bleiben, wer welche Daten bei ihnen abrufen bzw abspeichern darf. Die Unterstützung von **Suche** und **Sicherheit** sind Aufgaben, die noch keineswegs optimal gelöst sind und die Internetgemeinde noch lange beschäftigen werden.

4. Leitidee II: Neuartige hochattraktive Dienste

Ein ganz wichtiger Leitgedanke bei der Entwicklung des Internet war, im Vergleich zu den klassischen Tk-Systemen neue Kommunikationsdienste zu entwickeln, welche die Fähigkeiten eines frei programmierbaren Rechners als Internet-TnS, insbesondere seine Speicherfähigkeit ausschöpfen. Hierbei sind im Laufe der Jahre eine Vielzahl von Diensten entstanden, von denen einige weltweite Verbreitung gefunden haben und täglich millionenfach genutzt werden. Die wohl wichtigsten sind

- Elektronische Post (e-mail)
- Dateitransfer (ftp)
- World Wide Web (www)

Die meisten Internet-Dienste sind nach dem **Client/Server Prinzip** (Abb. 6) aufgebaut. Dabei werden die Dienste so organisiert, daß man zwei Sorten von TnS unterscheiden kann:

- (1) **Server**, die den betreffenden Dienst über das Netz **anbieten**,
- (2) **Clients**, die den Dienst von diesen Servern **anfordern** können.

Wichtig ist bei diesem Verfahren, daß nur der **Server** ständig in Betrieb und mit dem Netz verbunden sein muß. Er „horcht“ am Netz, ob Dienstanforderungen von Clienten eintreffen und reagiert ggf. mit einer Antwort an den anfordernden Clienten. Die **Clients** brauchen dagegen Netzverbindung nur während der Dienstnutzung, indem sie Anforderungen an die gewünschten Server absenden, deren Antwort-Daten übernehmen und sie dann bearbeiten. Aus dieser Zweiteilung ergeben sich erhebliche Einsparungen bezüglich der Netznutzungskosten, weil man bei den meisten Diensten davon ausgehen kann, daß eine vergleichsweise geringe Zahl von Servern ausreichen, um potentiell Anforderungen aller Internet Teilnehmer, die mit der entsprechenden Clienten-Software ausgerüstet sind, zu bearbeiten. Das Client/Serverprinzip trägt damit wesentlich zur Effizienz des Internet bei.

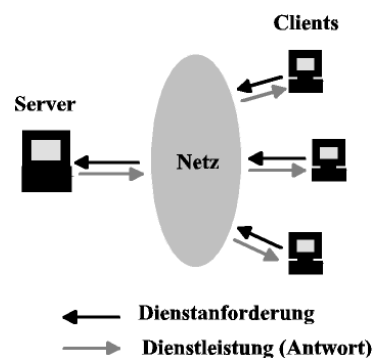


Abb. 6 Client/Server Prinzip

Ein typisches Beispiel für die konsequente Anwendung des Client/Server Prinzips ist der

– **E-Mail-Dienst**

Aufgabe der Server-Software ist hier

a) bei ankommender Post

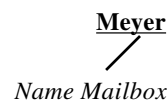
- für jeden angeschlossenen Clienten die Verwaltung eines elektronischem „Briefkastens“ auf der Festplatte
- auf Anforderung eines Clienten Zustellung (download) des Briefkasteninhaltes

(b) bei abgehender Post


- Entgegennahme von Absendeaufträgen ihrer Clienten und Versand an die angegebenen E-Mail-Adressen der Empfänger

Die E-Mail Adressen sind dabei bekanntlich wie folgt aufgebaut

Meyer@informatik.tu-darmstadt.de



Name Mailbox



Name Mailserver

Aufgaben der Client Software ist

- Unterstützung des Benutzers am Bildschirm bei Erstellung, Adressierung, Absenden, Empfang, Ablage der Postsendung u.a. durch
- Briefformat Vorlagen, automatische Adressierung anhand gespeichertem E-Mail-Adressbuch, automatisierte Ablage durch lokale Speicherung der empfangenen und abgesandten Briefe.

Ein weiteres wesentliches Prinzip zur Gestaltung von Internet Diensten ist das

– **Hypertext-Konzept**

Diese Erfindung von Tim Berners Lee (CERN) ist die Grundlage des von ihm entwickelten **WorldWideWeb (www)**-Dienstes. Dieser ist inzwischen zu **dem** Motor für Wachstum und weltweite Verbreitung des Internet geworden und hat viel zur Vorstellung einer globalen Wissensgesellschaft beigetragen. Das hat zwei Gründe: (1) Er verwirklicht den Gedanken vom Internet als einem **offenen, weltweit verteilten Speichersystem** für Informationen aller Art in multimedialer Form (Text, Graphik, Bild, Ton), (2) er vermittelt einen bequemen und einsichtigen **Zugriff durch inhaltsbezogene Verkettung** der gespeicherten Informationen.

Zu diesem Zweck wird Information im WWW als **Hypertext** gespeichert (Abb. 7). Dies ist konzeptionell eine Erweiterung von **linearem Text** (Abb. 8) bestehend aus **Seiten (pages)**, die in einer festen Reihenfolge gespeichert sind und gelesen werden, etwa wie in einem Buch oder in aufeinanderfolgenden Speicherplätzen eines Rechners.

Hypertext dagegen besteht aus Seiten, die an beliebigen Stellen des kollektiven Internet-Speichers gespeichert sein können. Die Seiten eines Hypertextes können sich zwar im Extremfall auf der Festplatte einer einzigen TnS befinden. Im Allgemeinen werden sie aber auf mehrere TnS des Internet verteilt sein u.U. weltweit auf viele Tausende.

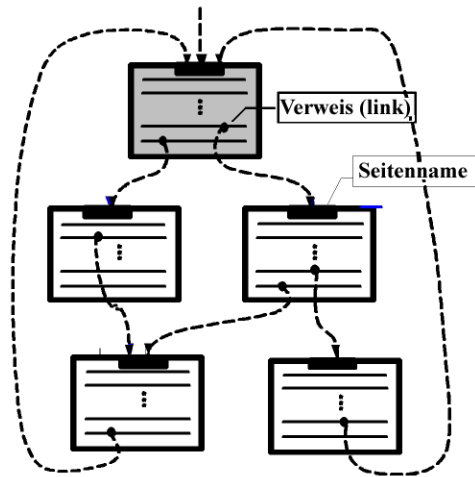


Abb. 7: Hypertext

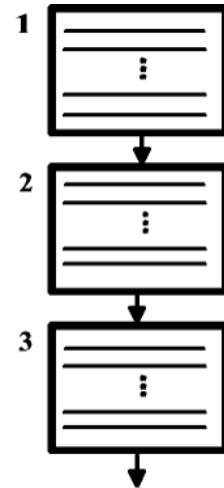


Abb. 8: Linearer Text

Entscheidend ist dabei, daß der inhaltliche Zusammenhang zwischen den verstreuten Seiten von Hypertext durch **Verweise (links)** hergestellt werden kann. Dem Benutzer erscheinen die von einer Seite ausgehenden Verweise als besonders **markierte, anklickbare Stellen**, z.B. unterstrichene Stichworte. Ihnen ist unsichtbar die Adresse der jeweiligen Zielseite unterlegt. Diese Seitenadressen werden im WWW in einem einheitlichen Format als **URL (Universal Resource Locator)** angegeben z.B.

<http://www.tu-darmstadt.de/city/map.html>

Name www Server Dateiname der Seite

Beim Anklicken der Verweise wird dann mit Hilfe der unterlegten URL die entsprechende Seite über das Netz in die eigene TnS geholt. Durch dieses Verfahren ist der Benutzer der Notwendigkeit enthoben, sich die u.U. sehr komplizierten URL's der Seiten zu merken, die er sehen will. Insgesamt bilden die Seiten der im Internet gespeicherten Hypertexte durch die wechselseitigen Verkettungen ein weltweites Datengewebe eben ein „World Wide Web“.

Ein weiteres Merkmal des WWW ist, daß der Benutzer ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit beim Entwurf der Seiten hat, das weit über Niederschreiben von Text mit Hilfe eines gewöhnlichen Textverarbeitungssystem hinausgeht. Man hat vielmehr nahezu unbegrenzte Möglichkeiten das Seitenlayout mit Graphiken, bewegten und unbewegten Bildern und ein- und ausschaltbaren akustischen Objekten anzureichern. Hierbei besteht aber die Gefahr, daß eine Seite unverhältnismäßig viel Speicherplatz und Übertragungszeit braucht,

Zwei Kollegen vom Institut für Datentechnik

Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Manfred Glesner

room: 49/211
phone: (+49)6151/16-5136
fax: (+49)6151/16-4936
e-mail:
glesner@mes.tu-darmstadt.de

Mitarbeiter/Projekte



Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz

room: 48/346A
phone: (+49)6151/16-6151
fax: (+49)6151/16-6152
e-mail:
Steinmetz@KOM-tu-darmstadt.de

Mitarbeiter/Projekte



Abb. 9: Einfaches Beispiel einer Webseite

z.B. wenn man den Inhalt bildpunktweise darstellen würde. Um dem vorzubeugen wurde die Sprache **HTML (Hypertext Mark Up Language)** erfunden. Mit ihrer Hilfe kann der Entwerfer einer Seite die Anreicherungselemente durch Einstreuung („mark up“) von speziell durch „<“ und „>“ gekennzeichneten Textkommandos von HTML festlegen. Diese Kommandos betreffen Farben, Standardgraphiken, Schrifttypen, Referenzen auf Bilddateien und die Positionierung der Bilder, Verweisadressen u.v.a.m. Dies führt zu einer drastischen Einsparung der benötigten Datenmenge und reduziert i.a. die Arbeitszeit für die Abb. 9 Einfaches Beispiel einer Webseite Erstellung eines Seiten-Layout erheblich. Abb. 9 zeigt ein ganz einfaches Beispiel für eine Webseite aus Benutzersicht, Abb.10 den ersten Teil der zugehörigen HTML Darstellung.

Die **Software für den WWW-Dienst** ist, wie beim E-Mail Dienst, ebenfalls nach dem Client/Server Prinzip organisiert.

Die Client-Software des WWW umfaßt dabei wenigstens zwei Komponenten:

- a) einen **Browser (Blätterer)**
für Aufruf und Anzeige von Webseiten durch **direkte Angabe der Seitenadresse (URL)** oder durch **Anklicken von Verweisen (surfen)**
- b) einen **Composer**
zur Unterstützung des Klienten beim **Entwurf von Webseiten** i.a. durch HTML Editoren.

```

<html>
<head>
  <title>Webseite HTML Form</title>
</head>

<body>
<center>
  <h1>Zwei Kollegen vom<br>Institut f&uuml;r Datentechnik</h1>
</center>

<center>
<table WIDTH="59%" >
<tr>
<td><b><font size=+2>Prof.Dr.Dr.h.c.mult.<br>
      Manfred </font></b>

<p><font size=+1>
      room: 49/211<br>
      phone: (+49)6151/16-5136<br>
      fax: (+49)6151/16-4936<br>
      e-mail:glesner@mes.tu-darmstadt.de </font>
      Verweis
      Bildaufruf

<p><a href="URL1">Mitarbeiter/Projekte</a></td>

<td>  </td>
</tr>

```

Abb.10: Das Beispiel (obere Hälfte) als HTML-Text: grau die HTML-Kommandos, schwarz sichtbarer Text.

Die Server Software übernimmt ebenfalls mindestens zwei Funktionen:

- (a) **Heraufladen (Upload)**
d.h. die Übernahme, Speicherung und Verwaltung neu entworfener Seiten von Clienten, die als Autoren bzw Inhaltsanbieter angemeldet sind.
- (b) **Herunterladen (Download)**
d.h. auf Anforderung des Browsers eines Clienten den Versand gespeicherter Seiten über das Netz an die Auftraggeber

5. Leitidee III: Die TCP Datentransport-Schnittstelle

Eine weitere Idee von zentraler Bedeutung für die Verbreitung des Internet ist,

- (1) die in den TnS gespeicherte Internetsoftware in **Dienstprogramme** und **Datentransportprogramme** aufzuteilen und
- (2) durch eine weltweit einheitlichen **Software-Schnittstelle** genannt TCP (**TransportControlProgramm**) zu verbinden. (Abb. 11)

TCP spezifiziert einige wenige Standardprozeduren zum Auf- und Abbau von Verbindungen zu entfernten TnS und zum Senden und Empfangen von Daten über diese Verbindungen. Diese Prozeduren werden den Programmierern der Dienstprogramme von der Datentransportsoftware zur Verfügung gestellt, damit sie auf einfache und im ganzen

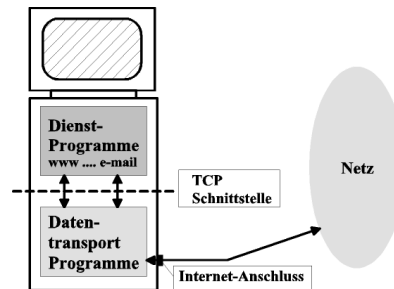


Abb. 11 Die TCP Schnittstelle

Internet einheitliche Art und Weise ihren Datenverkehr über das Netz abwickeln können, ohne sich über die Einzelheiten der Transporttechnik kümmern zu müssen.

Dieser Ansatz hat die Ausbreitung und die Weiterentwicklung des Internet enorm gefördert und zwar aus folgenden Gründen:

- (1) er erlaubt die Weiterentwicklung von Internet-Diensten **unabhängig** von der jeweiligen Ausgestaltung und technischen Fortentwicklung des Datentransportnetzes
- (2) er ermöglicht umgekehrt Veränderung, Erweiterung und Verbesserung des Datentransportnetzes **ohne die Funktion laufender Dienste zu gefährden**
- (3) er ist zur Basis für zwei weitgehend unabhängige Formen unternehmerischer Tätigkeit im Internet geworden, nämlich dem **Dienst- und Inhaltsanbieter** und dem **Netzbetreiber und Zugangsanbieter** und damit für die Entwicklung einer arbeitsteiligen **Internetindustrie**.

6. Leitidee IV: Paketweiser Datentransport

Im Gegensatz zu den klassischen Tk-Systemen sind die von den einzelnen TnS des Internet erzeugten Datenströme, die über das Netz transportiert werden müssen, hinsichtlich Zeitpunkt ihres Beginns meist unvorhersehbar und hinsichtlich Geschwindigkeit, Gleichmäßigkeit, und Dauer äusserst – oft um Größenordnungen – verschieden. Geschwindigkeiten reichen von wenigen Zeichen/sec bis zu Megabits/sec u.U. mit sekundenlangen Pausen, die zu transportierenden Mengen von einigen Byte bis zu mehreren Megabyte.

Eine der Hauptaufgaben der Internetentwickler war, für einen derart inhomogenen Datenverkehr eine Netzstruktur und einen Datentransportmodus zu finden, der bei gegebenen Investitionen in die Netzressourcen eine möglichst geringe Laufzeit für die einzelne Datensendung und einen möglichst hohen Gesamtdurchsatz liefert. Um dieser Aufgabe optimal gerecht zu werden, wurde das Datentransportnetz des Internet als **Paketvermittlungssystem** ausgebildet. In einem solchen System besteht das Leitungsnetz aus einzelnen Teilstrecken mit speziellen Rechnern als speicherfähige **Vermittlungsstationen (VmS, engl. Router)** in den Knotenpunkten. (Abb. 12). Die in den sendenden TnS aufgegebenen Daten-

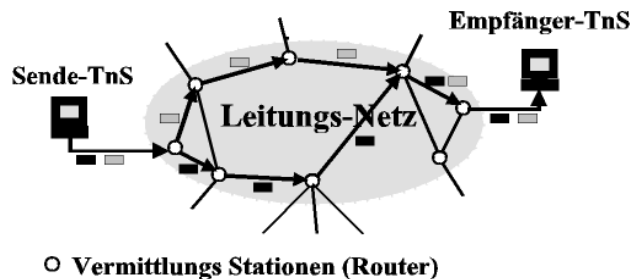


Abb. 12: Paketvermittlungs-System

sendungen werden vor Einspeisung ins Netz in kleine **Datenpakete (Packets)** aufgeteilt, die dann als autonome Einheiten von den VmS auf u.U. verschiedenen Pfaden vom Sender zum Empfänger geleitet werden. Solche Pakete (Abb. 13) haben, je nachdem von welchem Dienst und in welchem Zusammenhang sie von ihm erzeugt werden, eine Grösse von einigen hundert bis tausend Bytes. Im Paketkopf finden sich alle Angaben, welche die durchlaufenen VmS brauchen, um geeignete Teilstrecken auszuwählen, und die dem Empfänger erlauben, die zu einer Sendung gehörigen Pakete wieder in der richtigen Reihenfolge aufzusammeln, dem richtigen Dienstprogramm zuzuordnen und eine Empfangsbestätigung an den Sender zu übermitteln. Dazu gehören die IA des Empfängers und des Senders, die laufende Nr innerhalb der Sendung und die Inhalts- bzw. Dienstkennung.

Aufgabe der VmS ist, von den Leitungen, an die sie angeschlossen ist, einlaufende Pakete aufzunehmen, zwischenspeichern, und zum richtigen Zeitpunkt über eine dem Ziel entsprechenden freie Leitung weiterzugeben (**Store&Forward Prinzip**). Diese Funktionen übernehmen die in den VmS gespeicherten u.U. sehr komplexe **Routing- (Durchleitungs- und Wegesuch-) Programme**.

Unter anderem, um diese Software unabhängig von den technisch/physikalischen Eigenschaften der angeschlossenen Leitungen zu machen, wurde schon sehr frühzeitig eine netzweit einheitliche **Paketschnittstelle IP** zwischen der Routing-Software und Leitungstreiber-Software eingeführt (Abb. 14). Diese spezifiziert ein einheitliches Paketformat und

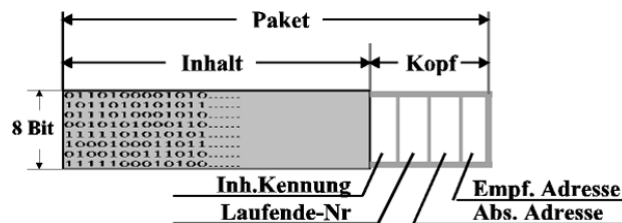


Abb.13: Paketformat

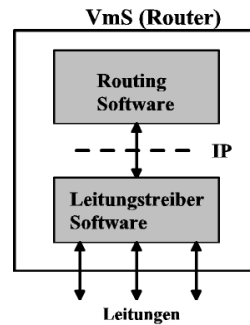


Abb.14: Paketschnittstelle IP einheitliches Paketformat und Standardprozeduren

Standardprozeduren zum Senden und Empfangen solcher Pakete. Damit kann existierende Routing-Software in allen VmS des Internet verwendet werden unabhängig davon, welche Art von Leitungen diese bedienen.

Wesentlich ist in einem Paketvermittlungs-System die Art, wie beim Durchleiten der Pakete der Datenspeicher der VmS genutzt wird. Alle über die Eingangsleitungen einer VmS eintreffenden Pakete werden in einem Eingangspuffer zunächst abgelegt. Sobald eine abgehende Leitung frei ist, die zur Empfängeradresse eines der wartenden Pakete passt, wird das entsprechende Paket über diese Leitung weitergeschickt. Dieses Prinzip gibt den VmS große Freiheit die Weiterleitung so zu gestalten, daß Pakete möglichst früh weitergegeben werden und die abgehenden Leitungen optimal ausgenutzt werden: Durch die Aufteilung der Datensendungen in Pakete brauchen die VmS mit der Weiterleitung nicht zu warten, bis jeweils die ganze Sendung eingetroffen ist. Sie können vielmehr schon früher damit beginnen, meist schon, sobald das erste Paket da ist. Dies verkürzt die Laufzeit der Sendung durch das Netz i.a. erheblich. Abb. 15 veranschaulicht dies am Beispiel einer Sendung, die drei aufeinanderfolgende Teilstrecken zu durchlaufen hat.

Beispiel: Sendung mit 5 Paketen, 3 Teilstrecken

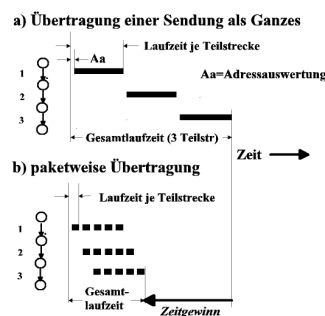


Abb. 15: Laufzeitverkürzung durch Paket-Vermittlung

Ist darüberhinaus eine abgehende Leitung deutlich schneller als die Eingangsleitungen, kann die VmS die Wartezeit bis zum Eintreffen des nächsten Pakets dazu nutzen, ein wartendes Paket aus einer anderen Sendung auf derselben Ausgangsleitung Sendungen erschachtelt auf ihr zu transportieren und damit ebenfalls zur Laufzeitverkürzung und zur besseren Ausnutzung der Leitungen beitragen.

All dies hat dazu geführt, daß der Datentransport des Internet beinahe konkurrenzlos schnell und kostengünstig ist, und hat damit zu dessen Gesamterfolg wesentlich beigetragen.

7. Leitidee V: Das Teilnetzkonzept

Der Kern dieses Konzeptes ist die Idee, das Internet aus **verkoppelten Teilnetzen** aufzubauen (Abb. 16) d.h. als ein „Netz von Netzen“. Dieser Eigenschaft verdankt das „Internet“ seinen Namen. Spezielle Rechner sog. **Koppelstationen (Gateways)** dienen als Koppelpunkte. Jede Koppelstation hat die Aufgabe, zwei oder mehrere Teilnetze direkt zu verbinden. Die direkte Verbindung zweier Teilnetze wird durch genau einen Koppelpunkt bewerkstelligt. Beim Zusammenschluß der Teilnetze wird auf volle Konnektivität geachtet, d.h. daß stets alle Teilnetze direkt oder indirekt verkoppelt sind, m.a.W. daß das Internet nicht in getrennte Teile zerfällt und damit jede TnS von allen anderen TnS des Internet erreichbar ist.

Die Paketübergabe von einem Teilnetz ins andere an den Koppelpunkten ist durch die oben behandelte, der TCP Schnittstelle untergeordnete Pakettransport-Schnittstelle **IP** weltweit einheitlich geregelt. Für jedes Teilnetz ist ein **Netzbetreiber** verantwortlich. Ihm

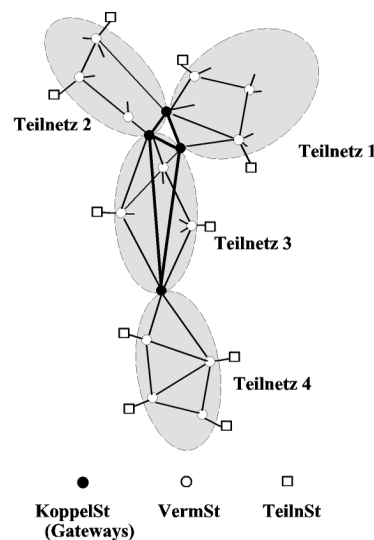


Abb.16: Teilnetzkonzept

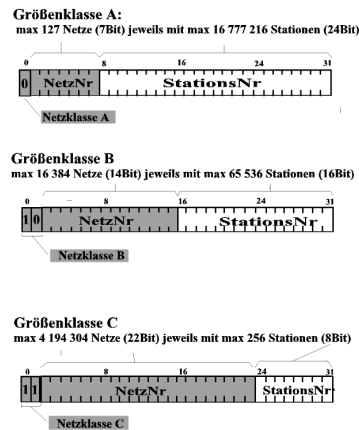


Abb.17 Adressformate Teilnetze der ersten Ebene

wird bei der Einrichtung eines neuen Teilnetzes ein ganz bestimmter zusammenhängender **Adressbereich** von der für ihn zuständigen Internet-Adressverwaltung zugeordnet.

Aufgabe des Netzbetreibers ist dann

- (1) seinen Endteilnehmern oder Unternetzbetreibern Adressen aus dem ihm zugewiesenen Bereich zuzuteilen
- (2) den Betrieb und die Verwaltung der technischen Einrichtungen seines Teilnetzes zu besorgen.

Teilnetze, die ihre Adressbereiche von der zentralen Adressvergabestelle in den USA erhalten, heißen Teilnetze der **ersten Ebene**. Bei ihnen werden drei **Größenklassen A, B, C** unterschieden (Abb. 17), um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Betreiber dieser Netze der Ebene 1 einigermaßen Rechnung tragen zu können. Zu diesem Zweck werden die 32 Bit einer Internetadresse in zwei, je nach Größenklasse unterschiedlich lange Abschnitte unterteilt. Der linke Teil enthält die **Netznummer**, der rechte die **Stationsnummer**. Durch Zuteilung einer **NetzNr** aus einer dieser drei Klassen ist der Adressbereich eines Teilnetzes der ersten Ebene festgelegt. Er reicht von 256 **Stationsnummern** in Klasse C bis zu ca. 16mio in Klasse A. Innerhalb dieser Bereiche ist der Betreiber bei der Zuteilung **einzelner Nummern an Endnutzer** oder von **Teilbereichen an Betreiber von Unternetzen** weitgehend autonom.

Eine Sonderform von Teilnetzen sind **Stammnetze (Backbones)** (Abb.18). Sie dienen zur Bündelung des Paketverkehrs vornehmlich für die Überbrückung größerer Entfernungen mit schnellen Datenverbindungen z.B. Glasfaserleitungen. Diese „Datenautobahnen“ enthalten in ihren Knoten im wesentlichen nur Koppelstationen. Diese dienen als Andockpunkte für lokale Teilnehmernetze, an welche die TnS der Endnutzer angeschlossen sind, oder aber für benachbarte andere Stammnetze.

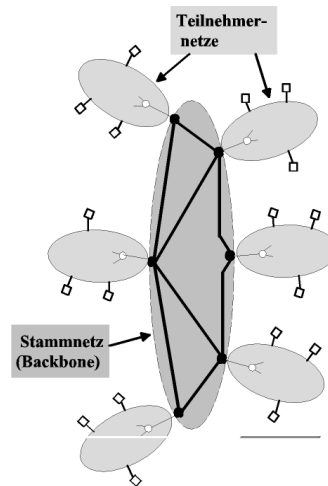


Abb. 18: Stammmetze (Backbones)

Die große Bedeutung des Teilnetz-Konzeptes für die Verbreitung des Internets ist darin zu suchen, daß es die technische Grundlage für einen **offenen Markt** von weitgehend autonomen untereinander im Wettbewerb stehenden Netzbetreibern ist.

Grundsätzlich kann sich damit jedermann am Ausbau des Internet beteiligen. Voraussetzung ist lediglich, daß ihm ein Adressbereich zugeteilt ist, daß er einen Koppelpunkt in einem vorhandenen Internet findet, an den er sich anschließen kann, und daß er sich bei dessen Nutzung an das Internet Paketübergabeprotokoll IP hält. **Seine** Sache ist es, sicherzustellen, daß sich Einrichtung und Betrieb des neuen Teilnetzes rechnet, insbesondere daß er genügend Kunden findet, welche die von ihm angebotenen Anschlüsse gegen Entgelt nutzen wollen. Derzeit sind Tausende derartige Netzbetreiber im Internet auf eigene Rechnung tätig. Auf diese Weise bleibt die Versorgung mit Internetanschlüssen weltweit dem **freiem Spiel von Angebot und Nachfrage** überlassen, insbesondere keinem Monopol oder einer zentralen Organisation.

8. Leitidee VI: Das Organisationsprinzip

Das Organisationsprinzip des Internet-Systems läßt sich durch zwei Begriffe kennzeichnen: **(1) Offenheit, (2) Selbstorganisation**. Mit ihnen kommt die Überzeugung der Gründerväter zum Ausdruck, (1) das Internet nicht als zentralisiertes kommerzielles Unternehmen, sondern als ein dem Wohl der Weltgemeinschaft verpflichtetes Unterfangen aufzufassen, an dem jedermann die Möglichkeit hat sich zu beteiligen, und (2) daß diese Mitwirkung so organisiert werden muß, daß sich daraus eine weitgehend selbsttätige, d.h. den Marktkräften überlassene Anpassung und Weiterentwicklung des Internet Systems an neue Bedürfnisse, Aufgaben und technische Entwicklungen ergibt.

Entsprechend dieser Internet-Philosophie besteht das Internet-„System“ als Objekt aller Organisationsbemühungen aus

- 1) den technischen Einrichtungen in Hard- und Software
- 2) der **Internet Gemeinschaft (Internet Community)**, d.h. den Menschen, die diese Einrichtungen entwickeln, betreiben und nutzen.

Die Mitglieder der Internet Gemeinschaft sind im wesentlichen die

- Komponenten-Hersteller (Hard- u. Software)
- Netzbetreiber
- Dienst- und Inhaltsanbieter (u.a. Betreiber von Servern)
- Endnutzer (i.a. Clients)
- Arbeitsgruppen und Servicestellen der Internetverwaltung

Das Prinzip der **Offenheit** beinhaltet, wie schon angedeutet, daß alle Formen der Beteiligung am Internet-System, sei es als Entwickler, Betreiber oder Nutzer, und damit die Mitgliedschaft in der Internet Community grundsätzlich jedermann offen stehen. Dazu gehört auch, daß alle Informationen, die für eine sinnvolle Beteiligung nötig sind, etwa technische Spezifikationen, Betriebsregeln, Standards u.ä, allgemein zugänglich (public domain) sind. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang das einzigartige Internet System der **REQUESTS FOR COMMENT (RFC)**. Dies ist eine Sammlung von weit über Tausend Dokumenten, die zu jedem Zeitpunkt alle wichtigen Informationen über die Technik und Organisation des Internet enthält und zu der jeder, wie schon der Name sagt, beitragen bzw. sich äussern kann. Welchen Status ein RFC letztendlich erhält (Vorschlag, halbamtlich, amtlich, Standard) entscheidet die Internetverwaltung als Organ der Internetgemeinde.

Das Prinzip der **Selbstorganisation** beinhaltet, daß die Architektur des Internets (z.B. Schnittstellen, Teilnetzkonzept) so gestaltet ist, daß alle für den Endnutzer wesentlichen Eigenschaften des Internet (erhältliche Hard- und Software, Netzausbau, angebotene Dienste, Inhalte) **dem freien Spiel der Kräfte** von Angebot und Nachfrage zwischen den Mitgliedern der Internet Community überlassen bleiben kann.

Selbstorganisation in diesem Sinne funktioniert aber nur, wenn für alle Beteiligten, d.h. die Mitglieder der Internetgemeinde, allgemein verbindliche **Spielregeln** gelten, die eingehalten werden müssen, damit trotz dieser Freiheiten stets der Zusammenhalt des Netzes und seine Funktionsfähigkeit erhalten bleibt. Diese Spielregeln bilden die **Infrastruktur des Internet**. Sie umfasst derzeit vier Sektoren:

- (1) **Standards** bezüglich Schnittstellen, Formate und Übertragungsprotokolle (z.B. TCP/IP, Paketformate)
- (2) **Adressvergabe** durch eine zentrale Registratur in den USA und drei regionale: ARIN (Amerikas), RIPE (Europa), APNIC (Pacific)
- (3) Einführung, Verwaltung und Benutzung von **Namen** und der dazugehörigen **Name-Server**
- (4) Festlegung von **Kennwerten**, mit deren Hilfe die Paketbearbeitung in den TnS und VmS Netzknoten auf bestimmte Anwendungen und Transportmodi (z.B. Kennziffern für Standarddienste wie E-Mail, WWW usw.) eingestellt werden kann.

Die Internetverwaltung besteht aus zwei Gesellschaften, die sich um die Infrastruktur kümmern, nämlich die

- **Internet Society (ISOC)**
- **Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)**

Sie sind entsprechend der oben skizzierten Internet-Philosophie als **gemeinnützige (non profit)**, den Interessen der Internet-Gemeinde verpflichtete (**public benefit**) Organisationen verfaßt. In ihren Satzungen wird dieser Verpflichtung dadurch Rechnung getragen, daß alle leitenden Funktions- und Verantwortungsträger bottom up d.h. demokratisch von Mitgliedern aus allen Bereichen der Internet Gemeinde über offene Kandidatenlisten gewählt werden und ihre Tätigkeit ehrenamtlich ausüben.

Die **ISOC** ist eine Fachgesellschaft (professional society) in einer Rechtsform, die etwa unserem e.V. entspricht. Sie hat derzeit etwa 8000 persönliche und 200 institutionelle Mitglieder. Jede professionell ausgewiesene Person (z.B. Besitzer eines Internetanschlusses mit e-mail Adresse) kann Mitglied werden. Laut Charter ist der Vereinszweck: „... **to assure the open development, evolution and use of the Internet to the benefit of all people throughout the world**“.

Neben der Veranstaltung von Internet Fachtagungen und der Herausgabe von Zeitschriften ist der Arbeitsschwerpunkt der ISOC die Entwicklung der **Internet-Standards**. Hauptorgan für letztere Aufgabe ist die Internet **Engineering Taskforce (IETF)** der ISOC. Diese ist die Kerntuppe, in der die technischen Randbedingungen für das gesamte Internet koordiniert und weiterentwickelt werden. Sie umfaßt ca. 1000 freiwillige, über die ganze Welt verstreute Mitglieder, die verteilt auf 114 Arbeitsgruppen in 8 Arbeitsgebieten die anstehenden Themen bearbeiten. Die Zusammenarbeit läuft im wesentlichen über **e-mail**. Nur in größeren Abständen finden Arbeitssitzungen und andere persönliche Zusammenkünfte statt. Das Arbeitsergebnis der IETF wird in Form von RFC's (**Requests for Comments**) dokumentiert und allgemein zugänglich gemacht.

ICANN übernimmt die Sektoren 2),3) und 4) der Infrastrukturverwaltung, also die Aufstellung und Überwachung der Regeln für **Adressvergabe, Namensverwaltung und Kennwertfestlegung**. ICANN versteht sich als Dienstleistungsbetrieb für die Internet Gemeinde. Sie ist eine gemeinnützige Gesellschaft öffentlichen Rechts (public non-profit corporation) mit Sitz in Kalifornien.

Die bei den laufenden Verwaltungsarbeiten entstehenden Kosten, insbesondere für fest angestelltes Personal, werden durch Gebühren gedeckt, die von den Nutzern von ICANN erhoben werden. Diese sind u.a. lokale Adressregistraturen, die Verwalter der obersten Namens-Domänen, Netzbetreiber, Dienstanbieter, Protokollstandard-Organisationen. Der Vorstand ist 14 köpfig und ehrenamtlich tätig. 9 Sitze werden durch die Nutzer besetzt, die übrigen 5 durch Wahlen im Bereich der Internet-Gemeinde insgesamt (at large). Die Besetzungsregeln sichern breite geographische und funktionelle Streuung. Wie durchschlagend das bei den Wahlen praktizierte Verfahren der offenen Kandidatenlisten funktionieren kann, zeigten dabei die Wahlen 2000. Hier setzte sich als zentraleuropäischer Vertreter der von einer genügenden Zahl von Einzelmitgliedern nominierte Andy Müller-Maguhn, ehemals vom Chaos Computer Club, zur Überraschung aller durch gegen den vom Vorstand nominierten Kandidaten von der deutschen Telekom.

9. Zusammenfassung, Ausblick

Ziel der Betrachtung war, zu zeigen, daß schon wenige im Internet steckende technische und organisatorische Leitideen genügen, um dessen großen Erfolg zu erklären, obwohl sich sicherlich noch weitere Ideen finden ließen, die zu diesem beigetragen haben. Die Darstellung ist primär für den Nichtfachmann gedacht. Deshalb wurden dabei die Verhältnisse zum Teil stark vereinfacht behandelt, neuere Entwicklungen z.B. bei der Adressierung von Teilnetzen nicht berücksichtigt und so weit wie möglich keine unerklärten Fachbegriffe benutzt.

Insgesamt laufen die behandelten sechs Leitideen darauf hinaus, einen technisch/organisatorischen Rahmen für ein neues Telekommunikationssystem abzustecken, mit dem das Potential von frei programmierbaren Rechnern als Teilnehmerstationen – insbesondere ihre Speicherfähigkeit – dazu benutzt wird, um dem Publikum weltweit und marktgesteuert hochattraktive neue Kommunikationsdienste zur Verfügung zu stellen.

Die Weiterentwicklung des Internet ist – sowohl was die Verbreitung als auch die angebotenen Dienst betrifft – noch in vollem Gange. Ihr Ende ist noch nicht abzusehen. Anzunehmen ist, daß bald schon eine Milliarde Menschen Zugang zu ihm haben werden. Was die Dienste betrifft, so liegt, neben anderen, ein Schwerpunkt der Entwicklung derzeit auf der **Abwicklung von Geschäften über das Internet (E-Commerce)** und der Absicherung dieser Geschäfte durch elektronische Signaturen und Verschlüsselungen. Eine weiterer ist die **Integration klassischer Tk-Dienste** wie Telefonieren, insbesondere in mobiler Form, und Fernsehen in das Internet. Ob sich das bzw. wieviel davon sich durchsetzen wird, muß die Zukunft weisen.

Prof. Dr.-Ing. Robert Piloty
Am Steinern Kreuz 19
D-64297 Darmstadt
e-mail: piloty@otr.e-technik.tu-darmstadt.de

DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

VERLEIHT DIE
CARL-FRIEDRICH-GAUSS-MEDAILLE

HERRN PROFESSOR

DR.-ING. ROBERT PILOTY

PROFESSOR EMERITUS FÜR DATENTECHNIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT DARMSTADT

IN WÜRDIGUNG SEINER WISSENSCHAFTLICHEN VERDIENSTE UM DIE
PIONIER-ENTWICKLUNGEN AUF DEM GEBIET DER ELEKTRONISCHEN
RECHENANLAGEN, DER BEGRÜNDUNG DES FACHES INFORMATIK
UND DER INTERNATIONALEN REPRÄSENTANZ DEUTSCHLANDS
IN INTERNATIONALEN LEITUNGSGREMIEN.

Professor Robert Piloty hat sehr früh die Bedeutung der elektronischen Rechenmaschinen erkannt und sich erfolgreich dafür eingesetzt, dass an der Technischen Hochschule München schon Anfang der fünfziger Jahre eine leistungsfähige elektronische Rechenanlage unter seiner Leitung gebaut wurde. Die PERM war nicht nur ein Demonstrationsmodell, sondern eine voll funktionsfähige digitale Rechenanlage, die 17 Jahre als Kern des Leibniz-Rechenzentrums München diente und damit eine enorme Bedeutung für die Lehre der modernen Informationstechnik und Informatik hatte. Als Professor der Datentechnik an der TU Darmstadt entwickelte Robert Piloty die Grundlagen von Beschreibungssprachen für Rechnerschaltungen. Er hat dort die Informatik eingerichtet und wirkte auch maßgebend mit an der nationalen und internationalen Gestaltung des neuen eigenständigen Wissensgebietes zwischen Mathematik und Technik.

Braunschweig, den 30. April 2001



Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesell-
schaft

Piloty, Robert, Dr.-Ing., Professor em. für Datentechnik/Informatik an der Technischen Universität Darmstadt, Am Steinern Kreuz 19, 64297 Darmstadt

- | | |
|--------------|--|
| 1924, 06.06. | geboren in München |
| 1942 | Abitur am Alten Realgymnasium München |
| 1942 – 1947 | Studium ET, TH München, Studienrichtung Nachrichtentechnik |
| 1947 | Diplomingenieur (s.c.l.) |
| 1949 | Promotion Dr.-Ing. (s.c.l.), Hochfrequenztechnik |
| 1952 | Habilitation Fak. ET, TH München |
| 1947 – 1952 | Wiss. Assistent Inst. NT der TU München |
| 1952 – 1958 | Privatdozent Rechnertechnik |
| 1949 – 1956 | Initiator und techn. Leiter PERM Projekt München |
| 1958 – 1964 | apl. Professor, TU München |
| 1956 – 1957 | stellv. Leiter IBM Forschungslabor Rüschlikon/CH |
| 1957 – 1964 | Leiter Systemplanung Informatikwerk SEL, Stuttgart |
| 1964 – 1990 | o. Professor Datentechnik/Informatik, TU Darmstadt |
| seit 1990 | emeritiert |
-
- | | |
|----------------|--|
| Publikationen: | 56 Veröffentlichungen, u. a. aus den Gebieten Wellenausbreitung in Hohlrohren, Informationstheorie, Rechnertechnik, insbes. über PERM Projekt, Rechnerbeschreibungssprachen, CAD Datenbanken für mikroelektronische Schaltungen, zwei Bücher |
|----------------|--|
-
- | | |
|-------------------|---|
| Mitgliedschaften: | ITG im VDE, Computer Society im IEEE (Life Member), Gründungsmitglied Ges. f. Informatik (GI), Europäische Akademie der Wissenschaften und Künste, Vizepräsident der Intern. Federation for Information Proc (IFIP) 1979 – 84; Mitgl. Fachbeirat EDV im BMFT, Vors. ad hoc Ausschuss „Einführung von Informatik-Studiengängen“ des BMFT, Vors. Fachausschuss Informatik für Rahmenprüfungsordnung Informatik der KMK, Mitglied Kommission Rechenanlagen |
|-------------------|---|
-
- | | |
|-----------|---|
| Ehrungen: | u. a. IFIP Silver Core (1982), BVK 1. Klasse (1985), Paul Harris Fellow Rotary International (1988), Konrad Zuse Medaille (1989), Erasmus Kittler Medaille TUD (1991), IEEE Fellow (1997), Alwin Walther Medaille, Fraunhofer Gesellschaft (2000) |
|-----------|---|

Schlußworte des Generalsekretärs

Martin Heidegger, meine sehr verehrten Damen und Herren, hat 1957 in einem Vortrag über das „Wesen der Sprache“ bemerkt, die „Metalinguistik“ sei „die Metaphysik der durchgängigen Technifizierung aller Sprachen zum allein funktionierenden interplanetarischen Informationsinstrument. Metasprache und Sputnik, Metalinguistik und Raketen-technik“ seien „das Selbe.“ Wie kein anderer deutschsprachiger Denker des 20. Jahrhunderts war es Heidegger, der die geschichtliche Bruchzone zwischen industrieller Moderne und medialer Moderne auslotete, wir verdanken ihm – und das bezeugt keineswegs nur die deutschsprachige Philosophie zu Beginn des 21. Jahrhunderts – entscheidende Einsichten und Hinweise für die Orientierung in unserer so durchaus unübersichtlich gewordenen Gegenwart.

Das kurze Zitat läßt jedoch auch sehen, daß Heidegger, Jahrgang 1889, in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts noch keine anderen Kategorien zur geschichtsphilosophischen Situierung des Informationsbegriffs hatte und haben konnte als solche, die zwar schon ihrer älteren „onto-theo-logischen“ Herkunft entwachsen waren, aber ihren Realitätsgehalt doch noch einzig der industriellen Moderne verdankten, die sie formiert hatte und die in der von ihrer destruktiven Gewalt beschworenen Götzen-Dämmerung des zweiten Weltkriegs untergegangen war. Seither hat sich, trotz der Masse der uns alle, so oder so, bedrängenden globalen Probleme, der geschichtliche Horizont beträchtlich aufgehellt.

Die Vorträge des heutigen Tages haben uns in den Stand gesetzt, uns davon ein ebenso faszinierendes wie differenziertes Bild zu machen. Erlauben Sie mir darum, noch einmal den Kollegen Frau Borrione, Herrn Vollmar, Herrn Musmann, dem Laudator – keineswegs temporis acti – Herrn Leilich und insbesondere unserem diesjährigen Preisträger Herrn Piloty herzlich zu danken, der uns auf so überzeugende Weise gezeigt hat, wie, anders als Martin Heidegger es voraussehen konnte, in Netzen zu denken sei, ohne sich in Netzen zu verstricken.

Auch all denen, die zum Gelingen des heutigen Tages, dieses Braunschweiger Festes der Wissenschaft, beigetragen haben, sei gedankt, nicht zuletzt unserer Stadt, deren Einladung ins Bürgermeisterzimmer wir jetzt wie jedes Jahr mit besonderem Vergnügen folgen. Ich wünsche Ihnen allen einen schönen Abend.

MITTEILUNGEN

Veröffentlichungen

Im Berichtsjahr wurden veröffentlicht:

„Jahrbuch 2000 der BWG“ mit 329 Seiten
„Abhandlungen der BWG“, Band 50 mit 243 Seiten

Geschäftliche Mitteilungen:

Am 31.12.2001 gehörten der BWG 135 ordentliche Mitglieder an, davon 78 unter 70 Jahren, sowie 73 korrespondierende Mitglieder. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 27, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 27 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 24. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 77, zum Bereich Clausthal 10, zum Bereich Göttingen 9, zum Bereich Hannover 37 und zum Bereich Osnabrück 2.

Das Plenum trat am 14.12.2001 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm die Jahresberichte des Präsidenten und des Generalsekretärs entgegen und beschloss den Haushalt 2002. In den Wahlsitzungen am 06.04.2001 und 14.12.2001 wurden die auf Seite 160 ff. vorgestellten Mitglieder hinzugewählt.

Das am 14.12.2001 tagende Konzil wählte den Gauß-Preisträger 2002 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 21.06.2002 fest.

Personalia

Todesfälle

Es verstarben im Berichtsjahr:

- | | |
|------------|---|
| 06.02.2001 | Karlheinz Bretthauer, Dr.-Ing., Prof.em. für Elektrotechnik an der Technischen Universität Clausthal. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1985 |
| 22.06.2001 | Hans-Jürgen Nitz, Dr.phil., Prof.em. für Kulturgeographie an der Georg-August-Universität Göttingen. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Geisteswissenschaften seit 1989 |
| 26.06.2001 | Hans-Joachim Wierig, Dr.-Ing. Prof.em. für Baustoffkunde an der Universität Hannover. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften (vormals Klasse für Bauwissenschaften) seit 1983 |
| 01.11.2001 | Herbert Billib, Dr.-Ing. Dr.nat.techn.h.c., Prof.em. für Wasserwirtschaft, Hydrologie, Landwirtschaftlicher Wasserbau an der Universität Hannover. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften (vormals Klasse für Bauwissenschaften) seit 1965 |
| 24.12.2001 | Hilmar Schumann, Dr.phil.habil., Prof.em. für Mineralogie an der Technischen Universität Braunschweig. Ordentliches Mitglied in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften seit 1964 |

NACHRUFE

HANS-JOACHIM WIERIG

*22.Juni 1927 †26.Juni 2001

Er gehörte zu den Stillen, er sagte nur dann etwas, wenn er etwas zu sagen hatte. Er gehörte zu den Bescheidenen, er sprach nicht über seine Verdienste, das stand nach seiner Auffassung nicht ihm und höchstens anderen zu. Und wenn er über seine Arbeit berichtete, verstanden ihn auch wir, die nicht in seinem Arbeitsgebiet zu Haus sind, lernten dazu und freuten uns dabei über seine für ihn so typischen, nie fehlenden kurzen und doch so vielsagenden humorvollen Anmerkungen.

Jetzt müssen wir in der Erinnerung horchen, wenn wir Jochen Wierig zuhören wollen: am 26. Juni dieses Jahres ist er wenige Tage nach Vollendung des 74. Lebensjahres nach schwerer und langer Krankheit gestorben.

Hans-Joachim Wierig, 1927 in Berlin geboren, teilt in seinen beiden ersten Lebensjahzehnten sein Schicksal mit dem vieler Gleichaltriger: mit 16 Jahren wird er Luftwaffenheifer, 1944 zur Kriegsmarine eingezogen und legt nach kurzer Kriegsgefangenschaft 1946 in Köln sein Abitur ab. Das Warten auf einen Studienplatz nutzt er für eine Maurerlehre, bis er 1948 mit dem Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule Braunschweig beginnt.

Dann aber verläßt er den scheinbar vorgezeichneten Weg, und es gelingt ihm das damals noch fast Unvorstellbare, an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich eingeschrieben zu werden. 1953 schließt er sein Studium mit Vertiefung im konstruktiven Ingenieurbau ab.

1955 holt ihn Professor Dr.-Ing. Theodor Kristen aus der Tätigkeit in der Praxis als Statiker und Konstrukteur an sein Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung in Braunschweig und überträgt ihm während der 5jährigen Mitarbeit verschiedene Forschungsarbeiten aus der Materialprüfung, über das Verhalten von Spannbeton und Betonfertigteilen im Feuer und der sogenannten Bauphysik. Mit seiner Dissertation „Wasserdampfdurchlässigkeit poröser Baustoffe“ befaßt er sich mit einem Thema, das zuvor in der Baustoffforschung wenig beachtet wurde.

1959 entscheidet sich Jochen Wierig für eine Berufstätigkeit, mit der er sich ganz auf die Forschung über das Verhalten mineralischer Baustoffe konzentriert. Er erkennt früh und voraussehend die zunehmende Bedeutung der Betontechnologie für das gesamte Bauen und weicht mit seiner Berufsentscheidung nach der Promotion von der fast aller Bauingenieur-Doktoren ab. Im Zement- und Beton-Laboratorium der Westfälischen Zementwerke in Beckum, das später in ZEMLABOR umbenannt wird, eröffnet sich ihm ein Arbeits- und Forschungsfeld, in dem er seine wissenschaftlichen Fähigkeiten voll entfalten kann. Er setzt sich mit vielen Fragen des Betons und darüber hinaus mit denen anderer mineralischer Baustoffe auseinander. Gasdurchlässigkeit, Karbonatisierung, Schnellerhärtung und Betonverhalten bei Zugabe verschiedener Zusatzstoffe sind Beispiele. Im Zentrum seiner Forschungen stehen die Eigenschaften des „grünen“ und des von ihm erfundenen „jungen“ Betons. Dabei muß er den betonphysikalischen Rahmen sprengen und Fragen der Beton-

chemie einbeziehen. Er erforscht die Entwicklung und Veränderung insbesondere mechanischer Eigenschaften des Betons von der beginnenden Abbindung (Gewinnung einer ersten Gestaltfestigkeit) über das Entstehen einer ersten nutzbaren Festigkeit (Phase des grünen Betons) bis zum Erreichen der Sollfestigkeit (Phase des jungen Betons). Mit Erfolg widmet er sich der Klärung komplizierter thermodynamischer Vorgänge während der chemischen Prozesse und ihres Zusammenspiels mit Schwinden, Kriechen und Spannungsrelaxation bei ständig sich ändernden Steifigkeits- und Festigkeitskennwerten. Besonders zu erwähnen ist sein Verdienst um das Begreifen dessen, was beim Entstehen von Beton geschieht. Wierig gehört, belegt durch Zitate im internationalen Schrifttum, zu den Begründern dieses neu entwickelten Forschungsgebietes über die Theorie und Technologie des grünen und jungen Betons.

Schon 1961 wird Hans-Joachim Wierig Leiter der Abteilung Betontechnologie und der Bauberatung in Beckum und 1966 Direktor des ZEMLABORS. 1972 habilitiert er sich mit der Schrift "Zur Frage der Theorie und Technologie des grünen Betons" an der Technischen Universität Hannover und hält Vorlesungen über Sondergebiete der Betontechnologie und des Brandverhaltens von Bauwerken.

1975 nimmt er den Ruf auf die ordentliche Professur für Baustoffkunde und Materialprüfung und auf die damit verbundene Stelle des Direktors des gleichnamigen Instituts an der Hannoverschen Universität an. Mit seiner Wahl wird eine Ingenieur-Professur ideal besetzt: nach umfassender Tätigkeit in der Praxis mit anspruchsvollen Aufgaben, bei denen er wiederholt beweist, sie mit wissenschaftlichen Methoden zu lösen und damit die Wissenschaft in seinem Fach voran zu bringen, kann er sich nun mit den Erfahrungen aus der Praxis ganz Forschung und Lehre widmen.

In der neuen Position intensiviert er seine Forschungen auf breiter Basis und stellt sich neuen Themen, die sich aus immer ändernden Anforderungen der Praxis an den Beton, wie z. B. schnell oder verzögert eintretende Erhärtung und Festigkeit, Schwer- oder Leichtbeton, leichte Verarbeitung und Pumpfähigkeit ergeben. Damit werden die Rezepturen, mit denen die Eigenschaften sicher und ohne ungewollte Nebenwirkung zu erzielen sind, immer komplizierter. Der Wettbewerb zwischen den Herstellern verschiedener Zementsorten erweitert die Aufgaben zusätzlich. Anerkannt wegen seines herausragenden Wissens in der Betontechnologie und von der Bedeutung von Aussagen der Laborversuche für das Verhalten des Betons auf der Baustelle ist er als Gutachter zu Neuentwicklungen im Bereich der mineralischen Baustoffe, besonders des Betons, sowie zu Ursachen von Schäden viel gesucht. Dabei spielt seine völlige Unabhängigkeit von den Zementherstellern und –verarbeitern eine große Rolle.

Jochen Wierig hat die Baustoffforschung mit neuen Vorstellungen und Ideen bereichert. Als kritischer Geist hat er viele Fragen seines Faches gründlicher analysiert als andere und so problematische Entwicklungen früh erkannt. Durch seine weit über 100 Veröffentlichungen – es ist typisch für ihn, daß er selbst darüber nach seiner Berufung keine Liste geführt hat – und zahlreiche Vorträge hat Wierig die Fachwelt des In- und Auslandes laufend über seine Forschungsergebnisse unterrichtet. In nationalen und internationalen Fachausschüssen stellte er seine Arbeitskraft und seine reichen Erfahrungen bereitwillig zur Verfügung und war an der Erarbeitung vieler Normen und Richtlinien maßgebend

beteiligt. Mit seiner Wahl zum Ordentlichen Mitglied in der Klasse der Bauwissenschaften erkennt die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft 1983 seine Verdienste an.

In seine Lehre fließen seine umfangreichen Erfahrungen ein. Kennzeichnend dafür und für das, was er den Studenten vermitteln will, ist der Titel einer seiner Vorlesungen mit „Die wechselseitige Verträglichkeit der Baustoffe“. An der Fortbildung der bereits im Beruf stehenden Baufachleute hat er großen Anteil. Dank seiner pädagogischen Begabung verstand er es, seine Studenten und Assistenten für sein Fachgebiet zu interessieren und zu begeistern sowie die Einstufung der Baustoffkunde als trockenes und langweiliges Fach zu widerlegen. Kreativität, logisches Denken, Ausdauer und das Talent, komplizierte Vorgänge durch Konzentration auf das jeweils Entscheidende einfach darzustellen, sind die Stützen seines Erfolges.

Gegen die heimtückische Krankheit, die ihn über seine letzten Lebensjahre heimgesucht und seine Aktivitäten arg beschnitten hat, hat er sich immer wieder gestemmt und seine Freunde davon so wenig wie möglich spüren lassen. In seiner Familie war er bis zu seinem Tod geborgen und umsorgt.

Wir haben Jochen Wierig nicht nur als herausragenden Baustoff-Wissenschaftler, sondern genau so als liebenswerten Kollegen und Freund in Erinnerung. Seine wohlbedachten und gut formulierten Bemerkungen zu vielen Problemen auch außerhalb der Universitäten waren immer begründet und fußten auf seinen kritischen Beobachtungen und Analysen. Wir schätzten seine Geradlinigkeit, seinen Humor und seine Hilfsbereitschaft. Gern waren wir mit ihm und seiner Frau in dem gastfreundlichen Haus in Gehrden, aber auch auf gemeinsamen Reisen, zusammen.

So werden wir Hans-Joachim Wierig in Erinnerung behalten. Wir vermissen ihn sehr.

Joachim Scheer, Hannover/Braunschweig

HANS-JÜRGEN NITZ

*20. August 1929 †22. Juni 2001

Mit Betroffenheit mußten wir die Nachricht aufnehmen, daß unser Kollege Hans-Jürgen Nitz am 22. Juni 2001 verstorben ist. Nur drei Monate zuvor war er noch in der ihm eigenen, durchaus fordernden Begeisterungsfähigkeit auf einer wissenschaftlichen Arbeitstagung zu erleben, die er ebenso tatkräftig wie umsichtig an seinem ehemaligen Göttinger Institut organisiert hatte und die von allen Teilnehmern - aus insgesamt fünf europäischen Ländern - als ungemein fruchtbar, da ganz neue Forschungsperspektiven eröffnend, empfunden wurde. Nun bleibt die traurige Aufgabe, sein Leben und Werk in einigen wenigen Sätzen zusammenfassen zu müssen.

Hans-Jürgen Nitz wurde am 20. August 1929 im oldenburgischen Westerstede geboren. Nach seinem Abitur studierte er zunächst an der Pädagogischen Hochschule Oldenburg, um sich dann wissenschaftlich an der Universität Hamburg in den Fächern Geographie (das war sein Ziel), Geologie und Botanik zu vertiefen – aber nicht zuletzt auch in einem ganz anderen Fach, das in der Folge für seinen wissenschaftlichen Denkansatz den eigentlichen Grund legte: in der Frühgeschichte.

1951 bis 54 zunächst als Lehrer tätig, war er in der Folge Assistent zunächst an der Pädagogischen Hochschule Lüneburg, dann von 1961-67 am Geographischen Institut der Universität Heidelberg, wo er alsbald aufgrund einer Arbeit über „Die ländlichen Siedlungsformen des Odenwalds“ promovierte.

War im Thema „Siedlungsformen“ bereits sein Lebensthema angeschlagen, vertiefte er es in der Folge vor einem weit außereuropäischen Horizont: Drei jeweils längere Forschungsreisen führten ihn zwischen 1963 und 1972, dann nochmals 1986 nach Indien. Aus der ersten Reise ging seine Heidelberger Habilitationsschrift „Die Formen der Landwirtschaft und ihre räumliche Ordnung in der oberen Gangesebene“ hervor, wogegen sich der wissenschaftliche Ertrag seiner dritten Reise in einer Arbeit über die räumliche Ordnung mittelalterlicher Königreiche Südindiens niederschlug.

Nach seiner Habilitation 1967 kurze Zeit Privatdozent in Heidelberg, wurde er bereits ein Jahr später als Ordinarius Lehrstuhl auf den Lehrstuhl für Geographie der Universität Göttingen berufen, den er bis zu seiner Emeritierung 1994 innehatte.

1989 wurde er als Ordentliches Mitglied unserer Gesellschaft in die Klasse für Geisteswissenschaften gewählt, in der er bis zuletzt höchst aktives Mitglied gewesen war. Mit Vergnügen – ich muß es so ausdrücken, seine Auftritte waren Vergnügen – erinnern wir uns an seinen großen Disput mit dem Kollegen Rötting auf unserer Klassensitzung am 10. November letzten Jahres – ein wahrhaft interdisziplinärer Disput, bei dem er in der ihm eigenen Lebendigkeit auf das geistreichste seine Argumente vertrat und gegen Einwände parierte. Eine am Ende der Sitzung geplante Fortsetzung des Disputs, konnte nicht mehr durchgeführt werden.

Der Tod traf Hans-Jürgen Nitz nicht unvorbereitet. Er war – was er sich bis zuletzt nicht anmerken ließ – bereits schwer erkrankt. Dennoch gab es Hoffnung und kam das Ende dann allzu rasch.

Hatte Nitz an seinem Institut die Geographie in ihrer ganzen Breite zu vertreten, blieb sie ihm doch durchgängig von seinem wissenschaftlichen Grundansatz geprägt: Die geographischen Phänomene unserer Umwelt durch eine elementar historische Dimension geprägt zu verstehen – ein Ansatz, der auf besondere Weise die geographische Forschung in Deutschland kennzeichnet und dies in hohem Maße aufgrund der Aktivitäten unseres Kollegen.

Es kann hier nicht der Ort sein, seine vielen Publikation aufzuzählen und deren Spannweite aufzuzeigen. Das Schreiben von Handbüchern war nicht seine Sache, vielmehr das ständige Aufspüren neuer Aspekte historischer Siedlungsforschung in scharfsinnigen Einzelstudien. Dennoch lag ihm an der Zusammenfassung – nicht seiner eigenen Arbeiten, sondern seines Forschungsgebiets. Daher begegnen wir ihm regelmäßig als Herausgeber von Handbüchern und Sammelwerken, besonders aber Tagungsberichten.

Zu seinem Grundthema „Historische Siedlungsforschung“ unterschiedlichste Einzeldisziplinen um einen Tisch zu versammeln, um zielstrebig bestimmte Themen nicht in abgerundeten Einzeldarstellungen vortragen zu lassen, sondern im disputativen Hin- und Hergespräch anzugehen, das war ihm ausgeprägtes Grundanliegen. So ging auch auf ihn die Gründung jener inzwischen forschungsbestimmenden Vereinigung mit zurück, die 1974 unter der bewußt zurückhaltend gewählten Bezeichnung „Arbeitskreis für genetische

Siedlungsforschung“ gegründet wurde und deren Publikationsorgan „Siedlungsforschung. Archäologie-Geschichte-Geographie“ ebenso bewußt sein originäres Fachgebiet erst an letzter Stelle nannte. Sie stellt bis heute das wichtigste interdisziplinäre Forum siedlungsgeschichtlicher Forschung in Europa dar.

Hans-Jürgen Nitz vertrat seinen fachlichen Standpunkt durchwegs sehr dezidiert. Bei seinen Vorträgen in unserer Gesellschaft konnten wir ihn dabei temperamentvoll erleben. Dennoch waren seine vorgelegten Ergebnisse immer umsichtig abgesichert. Regelmäßig ging ihrer Erarbeitung eine eingehende Diskussion mit Kollegen, und dies eben immer wieder gezielt auch aus den Nachbardisziplinen, voraus. Seine spätabendlichen Telefonanrufe waren schon zu seinen Lebzeiten Legende und häufig erhielt man dann einen ersten Manuskriptentwurf zugesandt mit der ausdrücklichen Bitte um kritische Stellungnahme.

Genauso regelmäßig setzte er dabei auf junge Wissenschaftler, in hoffnungsvoller Erwartung originär neuer Forschungsansätze. Daher äußerten gerade die jüngsten Teilnehmer der dreitägigen „Arbeitstagung zur mittelalterlichen Gründungsstadt“ im März dieses Jahres (sie „Symposion“ zu nennen, lehnte er als zu „hochtrabend“ ausdrücklich ab) besondere Betroffenheit, als sie bald danach von seinem Tod erfahren mußten. Hans-Jürgen Nitz hatte vor, mit dieser Tagung ein Forschungsfeld voranzutreiben, auf dem die deutsche Wissenschaft lange Zeit führend gewesen war, das wiederzubeleben aber seines Erachtens neuer methodischer Ansätze bedürfte. Sein leises Lächeln am Ende der Tagung war von der Gewißheit getragen, wieder einmal Grundfragen der Siedlungsforschung erfolgreich in das interdisziplinäre Gespräch gebracht zu haben.

Zusammen mit seiner Frau und seinen vier Kindern haben wir nun jedoch den Tod eines Menschen zu betrauern, dem es immer wieder überzeugend gelungen war, seine Mitmenschen in die Pflicht zu nehmen, zugleich eines Kollegen, dem die Wissenschaft über sein engeres Fachgebiet hinaus neue und gewichtige Anstöße verdankt.

Cord Meckseper

Zuwahlen

zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 14.12.2001 gewählt:

in die Klasse für Ingenieurwissenschaften

Ernst, Rolf, Dr.-Ing., Universitätsprofessor für Datentechnik und Kommunikationsnetze an der Technischen Universität Braunschweig, Ellernbruch 12 b, 38112 Braunschweig

1955, 23.08. geboren in Bremerhaven
 1975 Abitur am Realgymnasium Hilpoltstein/Bayern
 1976 – 1981 Studium der Informatik an der Universität Erlangen-Nürnberg
 1981 – 1989 Wiss. Mitarbeiter an der Orthopädischen Universitätsklinik Erlangen sowie am Lehrstuhl für Technische Elektronik der Universität Erlangen-Nürnberg, Member of Technical Staff, AT&T Bell Laboratories, Allentown, PA, USA
 1988 Promotion zum Dr.-Ing. an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg
 ab 1990 Professor an der Technischen Universität Braunschweig
 1993 Leitung mehrerer internationaler Konferenzen (DATE, CODES, ICCAD), Tätigkeit in internationalen Beraterkommissionen
 1999 – 2001 Dekan des FB Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Braunschweig

Publikationen: zahlreiche, darunter mehrere Bücher

Ehrungen und Auszeichnungen: Best Paper Award, IEEE Int. Conf. on Computer Design (ICCD)

Heipke, Christian, Dr.-Ing., Universitätsprofessor für Photogrammetrie und Fernerkundung an der Universität Hannover, Sudetenstraße 16, 30559 Hannover

1961, 05.04. geboren in Lüneburg
 1980 Abitur an der Herderschule, Lüneburg
 1980 – 1983 Studium Fachrichtung Geodäsie Universität Hannover, Vordipl. September 1982
 1983 – 1984 University of New South Wales, Sydney/Australien
 1984 – 1986 Technische Universität München, Diplom März 1986
 1990 Promotion zum Dr.-Ing.
 1994 Habilitation zum Dr.-Ing.habil.
 1986 – 1990 Wissenschaftlicher Angestellter in der Abteilung Geländedatenverarbeitung der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG), Otto-brunn

- 1990 – 1998 Wissenschaftlicher Assistent, Akademischer Rat und Oberrat am Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität München
- 1995 Gastprofessor für Photogrammetrie am Department for Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus, OH/USA
- 1998 Gastprofessor für Photogrammetrie am Département de Génie Rural, Institut die Géomatique-Photogrammétrie, École Polytechnique Fédérale de Lausanne
- seit Oktober 1998 Professor für Photogrammetrie und Fernerkundung, Geschäftsführender Leiter, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Universität Hannover
- Publikationen: zahlreiche, darunter mehrere Bücher
- Mitgliedschaften: Ordentliches Mitglied in der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
- Ehrungen und
Auszeichnungen: 1992 Otto von Gruber Preis der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, 1992 Talbert Abrams Preis der Amerikanischen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, 1995 Duane C. Brown Preis der Ohio State University

Schnieder, Eckehard, Dr.-Ing., Universitätsprofessor für Regelungs- und Automatisierungstechnik an der Technischen Universität Braunschweig, Friedrich-Knoll-Straße 3, 38104 Braunschweig

- 1949, 07.02. geboren in Wilhelmshaven
- 1967 Abitur am Math.-Nat. Gymnasium Wilhelmshaven
- 1967 – 1972 Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Braunschweig
- 1973 – 1979 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Regelungstechnik, Technische Universität Braunschweig
- 1978 Promotion zum Dr.-Ing.
- 1979 – 1989 Siemens AG, Geschäftsbereich Eisenbahnsignaltechnik, Braunschweig; zuletzt Bereichsleiter „Neue Verkehrssysteme“
- ab 1989 Technische Universität Braunschweig, Universitätsprofessor für Regelungs- und Automatisierungstechnik, Leiter des Instituts für Regelungs- und Automatisierungstechnik
- seit 1.10.2000 Vizepräsident der Technischen Universität Braunschweig
- Publikationen: zahlreiche Publikationen, darunter Tagungsbände und mehrere Bücher
- Mitgliedschaften: VDI, VDE-GMA-FFVT, GI; Plenumsmitglied deutsch-französische Kooperation im Verkehr (DEUFRAKO), Deutsch-Slowakische Gesellschaft für Betrieb und Bauwesen im Schienenverkehr (PSKD)

Ehrungen und

Auszeichnungen: 1980 Preis der Energietechnischen Gesellschaft im VDE, 1989
Carl-Adam-Petri-Preis der Society for Design and Process Science

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Hentze, Joachim, Dr.rer.pol.habil. Dr.h.c., Universitätsprofessor für Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensführung an der Technischen Universität Braunschweig, Brachvogelweg 4, 30916 Isernhagen

- 1940, 23.06. geboren in Rechlin/Mecklenburg
- 1961 Abitur an der Leibnizschule in Hannover
- 1961 – 1962 Studium der Betriebswirtschaftslehre (Wirtschaftspädagogik) an der Technischen Hochschule Hannover
- 1962 – 1963 Universität Innsbruck
- 1963 – 1966 Universität Göttingen mit abschließender Prüfung zum Diplom-Handelslehrer
- 1969 Promotion zum Dr.rer.pol. an der Technischen Universität Hannover
- 1985 Habilitation an der Universität Oldenburg (Dr.rer.pol.habil.)
- 1966 – 1974 Wissenschaftlicher Angestellter, Akademischer Rat, Akademischer Oberrat an der Technischen Universität Hannover, Betriebswirtschaftliches Seminar
- 1970 – 1971 Rektoratsassistent
- 1972 – 1973 Dekan der Fakultät für Geistes- und Staatswissenschaften der Technischen Universität Hannover, Landesbeauftragter für die Fakultät
- ab 1974 Wissenschaftlicher Rat und Professor an der Technischen Universität Braunschweig für das Fachgebiet Betriebswirtschaftslehre
- 1974 – 1977 Verwaltung des Lehrstuhls Pädagogik für Wirtschaftswissenschaften and der Technischen Universität Braunschweig
- ab 1980 Leiter der Abteilung Unternehmensführung am Institut für Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Braunschweig
- 1988 – 1992 Geschäftsführender Leiter des Instituts für Wirtschaftswissenschaften an der Technischen Universität Braunschweig
- 1989 – 1991 Vorsitzender der Kommission Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Braunschweig
- ab 1995 Universitätsprofessor (C 4) an der Technischen Universität Braunschweig
- 1999 – 2001 Dekan des Fachbereichs für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Technischen Universität Braunschweig
- 1998 Ehrenpromotion an der Technischen Universität Sofia

Publikationen: zahlreiche, darunter 15 Bücher

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949-2001

- 1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h.c., Dr.-Eng. h.c., Dr.Techn. h.c., em. o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.
- 1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.
- 1952 *Erwin W. Müller* †, Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., Evan-Pugh Res., Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.
- 1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing.E.h., Professor in Münster.
- 1954 *Max Strutt* †, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich/Schweiz.
- 1955 *Fritz Arndt* †, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Dr.h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.
- 1955 *Pascual Jordan* †, Dr.phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.
- 1956 *Ulrich Finsterwalder* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., München.
- 1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.
- 1958 *Werner Schmeidler* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.
- 1959 *Hans Brockmann* †, Dr.sc.nat.habil., Dr.rer.nat.h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.
- 1960 *Theodor von Karman* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.rer.nat.h.c.mult., LL.D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.
- 1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- 1962 *Walter Schottky* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.rer.nat.h.c., Dr.techn.h.c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.
- 1963 *Gottfried Köthe* †, Dr.phil., Dr.h.c., Dr.rer.nat.h.c.mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.
- 1964 *Carl Wagner* †, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Dr.-Ing.E.h., Professor und vormalig Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.
- 1965 *Albert Betz* †, Dr.phil., Dr.-Ing.E.h., Dr.sc.techn.h.c., Professor und vormalig Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.

- 1966 *Wilhelm Becker* †, Dr.phil., Dr.h.c., em. o. Professor und Direktor der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.
- 1967 *Henry Görtler* †, Dr.phil.habil., LL.D.h.c., em. o. Professor für Mathematik und vormals Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i. Br..
- 1968 *Egon Orowan* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass./USA.
- 1969 *E. Arne Bjerhammer*, tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm/Schweden.
- 1970 *Elie Carafoli* †, Dr.rer.nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik am Polytechnischen Institut Bukarest und vormals Direktor des Institut de Mécanique des Fluides „Traian Vuia“ in Bukarest/Rumänien.
- 1971 *Walter Dieminger*, Dr.rer.techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.
- 1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormals Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.
- 1973 *Viktor Gutmann* †, Dr.techn., Ph.D., Sc.D., Dr.rer.nat.h.c., Dr.Sc.h.c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.
- 1974 *Friedrich Tamms* †, Dr.h.c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.
- 1975 *Sir Michael James Lighthill* †, FRS, FRAeS, Hon.D.Sc.mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.
- 1977 *Walter Maurice Elsasser* †, Dr.phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimor, Maryland/USA.
- 1977 *Helmut Moritz*, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.
- 1977 *László Fejes Tóth*, Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.
- 1978 *Ulrich Grigull*, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.
- 1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt*, Dr.phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.
- 1980 *Hans Kuhn*, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c., Professor und vormals Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.
- 1981 *Martin Kneser*, Dr.rer.nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.

- 1982 *Walter Burkert*, Dr.phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.
- 1983 *Leopold Müller* †, Dr.techn., Dr.mont.h.c., Honorarprofessor für Felsmechanik an der Universität Salzburg/Österreich.
- 1984 *Heinz Beneking* †, Dr.rer.nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH, Aachen.
- 1985 *Gerhard Ertl*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.
- 1986 *Arno Borst*, Dr.phil., o. Professor für Mittelalterliche Geschichte an der Universität Konstanz.
- 1987 *Olgierd Cecil Zienkiewicz*, FRS, Ph.D., D.Sc., Hon.D.Sc.mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales/Swansea/Großbritannien.
- 1988 *Heinz Brauer*, Dr.-Ing., Professor für Chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.
- 1989 *Herbert Walther*, Dr.rer.nat., Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching.
- 1990 *Raymond Klibansky*, Dr.phil., Dr.phil.h.c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal/Kanada und Fellow des Wolfson College Oxford.
- 1991 *Wilfried B. Krätzig*, Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.
- 1992 *Ernst-Dieter Gilles*, Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.
- 1993 *Hans-Heinrich Voigt*, Dr.rer.nat., em. o. Professor für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.
- 1994 *Josef Fleckenstein*, Dr.phil., em. o. Professor für Mittelalterliche Geschichte, zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen.
- 1995 *David G. Crighton*, FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge/Großbritannien.
- 1996 *Gerhard Frey*, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Professor für Mathematik an der Universität Essen.
- 1997 *Arnold Esch*, Dr.phil., Professor für Mittelalterliche Geschichte, Direktor des Deutschen Historischen Instituts in Rom/Italien.
- 1998 *Christian Menn*, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., em. Professor für Konstruktiven Ingenieurbau an der ETH Zürich/Schweiz.
- 1999 *Christian Wandrey*, Dr.rer.nat., Professor für Biotechnologie, Universität Bonn, Direktor des Instituts für Biotechnologie des Forschungszentrums Jülich.

- 2000 *Klaus J. Hopt*, Dr.jur. Dr.phil. Dres.h.c., Professor für ausländisches und internationales Privatrecht, Universität Hamburg, Direktor des Max-Planck-Instituts für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg.
- 2001 *Robert Piloty*, Dr.-Ing., Professor em. für Datentechnik an der Technischen Universität Darmstadt.

MITGLIEDERVERZEICHNIS

(Stand: 31.12.2001)

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Fallersleber-Tor-Wall 16, 38100 Braunschweig

Telefon: (0531) 1 44 66 . Telefax: (0531) 1 44 60

Präsident: Prof. Dr.rer.nat. Joachim Klein
(bis 31.12.2004)

Generalsekretär: Prof. Dr.med. Dr.phil. Claus-Artur Scheier
(bis 31.12.2003)

Geschäftsstelle: Frau Hannelore Haubold (Büroleiterin)
Frau Gabriele Petersen

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.phil.nat. Joachim Heidberg (bis 31.12.2003)

Ordentliche Mitglieder:

Bogen, Hans-Joachim (19.11.1912), Dr.rer.nat., Prof.em. (Botanik, TU Braunschweig),
Am Hohen Tore 4 A, 38118 Braunschweig

Brandes, Dietmar (12.3.1948), Dr.rer.nat. habil., Prof. u. Dir. (Botanik, Universitätsbibliothek, TU Braunschweig), Allerstraße 7, 38106 Braunschweig

Braß, Helmut (22.2.1936), Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Mathematik, TU Braunschweig),
Hilsstraße 26, 38122 Braunschweig

Cramer, Friedrich (20.9.1923), Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Organische Chemie, MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen), Hermann-Rein-Straße 3 F, 37075 Göttingen

Deutsch, Werner (4.8.1947), Dr.rer.nat., Prof. (Psychologie, TU Braunschweig), Steintorwall 12, 38100 Braunschweig

Ehrich, Hans-Dieter (2.2.1943), Dr.rer.nat., Prof. (Informatik, TU Braunschweig),
Mannheimstraße 66, 38112 Braunschweig

Glaßmeier, Karl-Heinz (28.4.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Geophysik, TU Braunschweig),
Friedrich-Löffler-Weg 13, 38116 Braunschweig

Göbel, Ernst Otto (24.3.1946), Dr.rer.nat., Prof. u. Präs. (Experimentalphysik, PTB Braunschweig), Oscar-Fehr-Weg 16, 38116 Braunschweig

Görlitzer, Klaus (29.7.1940), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Waterloostraße 15, 38106 Braunschweig

Harborth, Heiko (11.2.1938), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Bienroder Weg 47, 38106 Braunschweig

- Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 38116 Braunschweig
- Heidberg, Joachim (30.1.1933), Dr.phil.nat., Prof. (Physikalische Chemie, Universität Hannover), Zuckmayerstraße 9, 30453 Hannover
- Henzler, Martin (18.5.1935), Dr.rer.nat., Prof. (Festkörperphysik, Universität Hannover), Finkenweg 6, 38826 Garbsen OT Schloss Ricklingen
- Hopf, Henning (13.12.1940), Dr.phil., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 9, 38106 Braunschweig
- Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr.rer.nat., Prof.em. (Geographie, Universität Göttingen), Nelkenweg 10, 37154 Northeim
- Hulek, Klaus (19.8.1952), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Peiner Weg 17, 31303 Burgdorf
- Jockusch, Brigitte M. (27.9.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, TU Braunschweig), Wendenstraße 28/29, 38100 Braunschweig
- Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr.rer.nat.habil., Prof.em. (Mathematik, TU Braunschweig), Güldenstraße 41, 38100 Braunschweig
- Klein, Joachim (20.8.1935), Dr.rer.nat., Prof. (Makromolekulare Chemie, TU Braunschweig), Hühnerkamp 21, 38104 Braunschweig
- Kowalsky, Hans-Joachim (16.7.1921), Dr.rer.nat., Prof.em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 20, 38302 Wolfenbüttel
- Litterst, Fred Jochen (9.12.1945), Dr.rer.nat.habil., Prof. u. Univ.-Präs. (Experimentalphysik, TU Braunschweig), Nordendorfweg 4 a, 38110 Braunschweig
- Maaß, Günter (7.1.1934), Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Biophysikalische Chemie, GBF Braunschweig), Im Eichholz 27, 30657 Hannover
- Meijere, Armin de (18.5.1939), Dr.rer.nat., Prof. (Chemie, Universität Göttingen), Brombeerweg 13, 37077 Göttingen
- Müller, Georg (1.10.1930), Dr.rer.nat., Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Müller-Goymann, Christel Charlotte (5.12.1951), Dr.rer.nat., Prof. (Pharmazeutische Technologie, TU Braunschweig), Am Rübenberg 16, 38104 Braunschweig
- Richter, Egon (24.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Sommerlust 33, 38118 Braunschweig
- Richter, Otto (3.8.1946), Dr.rer.nat.habil., Prof. (Agrarökologie, TU Braunschweig), Kreuzwinkel 22, 38527 Meine-Abbesbüttel
- Rieger, Georg Johann (16.8.1931), Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Rosenstraße 2, 31311 Uetze
- Röhrs, Manfred (22.9.1927), Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, Tierärztliche Hochschule Hannover), Im Dorffeld 43, 30966 Hemmingen

- Schaumann, Ernst (16.9.1943), Dr.rer.nat., Prof. u. Rektor (Organische Chemie, TU Clausthal), An der Trift 4 a, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Scheper, Thomas (29.3.1956), Dr.rer.nat., Prof. (Technische Chemie, Universität Hannover), Lange-Hop Straße 47 B, 30559 Hannover
- Schügerl, Karl (22.6.1927), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof.em. (Technische Chemie, Universität Hannover), Arnumer Kirchstraße 31, 30966 Hemmingen
- Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr.rer.nat., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 38106 Braunschweig
- Stahl, Wolfgang (17.8.1935), Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Isotopengeochemie und -geophysik, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover), Hermann-Löns-Weg 14, 30938 Burgwedel
- Steudel, Andreas (17.2.1925), Dr.rer.nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Hahnensteg 41 C, 30549 Hannover
- Tietz, Horst (11.3.1921), Dr.phil., Prof.em. (Mathematik, Universität Hannover), Röddinger Straße 31, 30823 Garbsen
- Vollmar, Roland (1.11.1939), Dr.-Ing., Prof. (Informatik, Universität Karlsruhe), Wendtstraße 10, 76185 Karlsruhe
- Wannagat, Ulrich (31.5.1923), Dr.rer.nat., Dr.techn.h.c., Prof.em. (Anorganische Chemie, TU Braunschweig), Waldweg 12, 38302 Wolfenbüttel
- Weinert, Hans Joachim (26.1.1927), Dr.phil. et rer.nat.habil., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückaufweg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Welling, Herbert (1.9.1929), Dr.rer.nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Nogatweg 13, 30916 Isernhagen
- Werner, Reinhard F. (26.3.1954), Dr.rer.nat., Prof. (Theoretische Physik, TU Braunschweig), Gerhart-Hauptmann-Straße 1, 38304 Wolfenbüttel
- Willerdig, Ulrich (8.7.1932), Dr.rer.nat., apl. Prof. (Botanik, Universität Göttingen), Calsowstraße 60, 37085 Göttingen
- Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. (Organische Chemie, Universität Hannover), Sieversdamm 34, 30916 Isernhagen
- Zinner, Gerwalt (30.9.1924), Dr.phil., Prof.em. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 38104 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Bürger, Hans, Dr.rer.nat., Prof. (Anorganische Chemie, Bergische Universität Wuppertal), Kruppstraße 230, 42113 Wuppertal
- Engelhardt, Wolf Freiherr von, Dr.phil., Prof.em. (Mineralogie und Petrographie, Universität Tübingen), Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen
- Ertl, Gerhard, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. u. Dir. (Physikalische Chemie, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft), Garystraße 18, 14195 Berlin

Fejes Tóth, László, Dr., Prof. (Mathematik, Hungarian Academy of Sciences), Realtanoda U. 13 - 15, H-1053 Budapest/Ungarn

Haken, Hermann, Dr.rer.nat., Dr.h.c.mult., Prof. (Theoretische Physik, Universität Stuttgart), Sandgrubenstraße 1, 71063 Sindelfingen

Keßler, Franz Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Physik, TU Braunschweig), Am Krausberg 12, 52351 Düren

Kippenhahn, Rudolf, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Astrophysik, MPI für Physik und Astrophysik), Rautenbreite 2, 37077 Göttingen

Kneser, Martin, Dr.rer.nat., Prof. (Mathematik, Universität Göttingen), Guldenhagen 5, 37085 Göttingen

Kuhn, Hans, Dr.phil., Dr.rer.nat.h.c.mult., Prof. u. Dir. i. R. (Biophysikalische Chemie, MPI Göttingen), Ringoldswilstraße 50, CH-33656 Tschingel ob Gunten/Schweiz

Mensching, Horst, Dr.rer.nat., Prof.em. (Geographie, Universität Hamburg), Pulverhofs-
weg 46, 22159 Hamburg

Meschede, Dieter, Dr.rer.nat., Prof. (Angewandte Physik, Universität Bonn), Wegeler
Straße 8, 53115 Bonn

Schaller, Friedrich, Dr.rer.nat., Prof. (Zoologie, Universität Wien), Regenweg 1/14/3,
A-1170 Wien /Österreich

Schwab, Klaus, Dr.rer.nat., Prof. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner
Straße 119, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Scriba, Christoph J., Dr.rer.nat., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften, Universität
Hamburg), Bellevue 23, 22301 Hamburg

Voigt, Hans-Heinrich, Dr.rer.nat., Prof.em. (Astronomie und Astrophysik, Universität
Göttingen), Charlottenburger Straße 19, 37085 Göttingen

Voronkov, Michael Gregor, Dr.rer.nat., Dr.h.c., Prof. u. Dir. (Chemie, Russian Academy
of Sciences, Siberian Branch, A.E. Favorsky Irkutsk, Institute of Chemistry), 1 Favorsky
Street, GUS-664033 Irkutsk

Wandrey, Christian, Dr.rer.nat., Prof. u. Dir. (Biotechnologie, Forschungszentrum Jülich
GmbH, Institut 2), Wolfshovener Straße 139, 52428 Jülich

Witting, Hermann, Dr.rer.nat.habil., Dr.rer.nat.h.c., Prof. (Mathematik, Universität Frei-
burg), Anemonenweg 3, 79107 Freiburg

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer (bis 31.12.2002)

Ordentliche Mitglieder:

Batel, Wilhelm (3.11.1922), Dr.-Ing., Prof. u. Dir. (Verfahrenstechnik, FAL Braunschweig),
Peter-Joseph-Krahe-Straße 8, 38102 Braunschweig

- Beck, Hans-Peter (27.11.1947), Dr.-Ing., Prof. (Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrische Energietechnik, TU Clausthal), Obere Trift 14, 38640 Goslar
- Bohnet, Matthias (20.7.1933), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrens- und Kerntechnik, TU Braunschweig), Otto-Hahn-Straße 45, 38116 Braunschweig
- Buchwald, Konrad (16.2.1914), Dr.phil.nat.habil., Prof.em. (Landespflege, Universität Hannover), Große Heide 33, 30657 Hannover
- Dizioglu, Bekir (13.12.1920), Dr.-Ing., Prof.em. (Getriebelehre und Maschinendynamik, TU Braunschweig), App. 512/514, Säntis, Eichhornstraße 56, 78464 Konstanz
- Duddeck, Heinz (14.5.1928), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 38124 Braunschweig
- Ernst, Rolf (23.8.1955), Dr.-Ing., Prof. (Datentechnik und Kommunikationsnetze, TU Braunschweig), Ellernbruch 12 b, 38112 Braunschweig
- Eßlinger, Maria (4.3.1913), Dr.-Ing., apl. Prof. (Statik, DLR Braunschweig), Bussardweg 2, 38108 Braunschweig
- Gerke, Karl (10.8.1904), Dr.-Ing., Prof.em. (Geodäsie, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 19, 38106 Braunschweig
- Groth, Klaus (8.12.1923), Dr.-Ing., Prof.em. (Kolbenmaschinen, Universität Hannover), Schaftrift 18, 30952 Ronnenberg
- Haeßner, Frank (6.1.1927), Dr.rer.nat., Prof.em. (Werkstoffkunde und Herstellungsverfahren, TU Braunschweig), Julius-Leber-Straße 46, 38116 Braunschweig
- Heipke, Christian (5.4.1961), Dr.-Ing.habil., Prof. (Photogrammetrie und Fernerkundung, Universität Hannover), Sudetenstraße 16, 30559 Hannover
- Henn, Walter (20.12.1912), Dr.-Ing., Dr.techn.h.c., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Baukonstruktionen und Industriebau, TU Braunschweig), Ramsachleite 13, 82418 Murnau
- Herrenberger, Justus (27.5.1920), Dr.-Ing., Prof.em. (Baukonstruktionen, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 38126 Braunschweig
- Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Energieverfahrenstechnik, TU Clausthal), Roseneck 1, 38640 Goslar
- Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Honorarprof. u. Präses i.R. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig und PTB Braunschweig), Knappstraße 4, 38116 Braunschweig
- Konecny, Gottfried (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.h.c.mult., Prof. (Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Universität Hannover), Wartheweg 22, 30559 Hannover
- Kordina, Karl (7.8.1919), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Stahlbeton- und Massivbau, TU Braunschweig), Im Heidekamp 13, 38112 Braunschweig
- Kose, Volkmar (30.3.1936), Dr.rer.nat., Honorarprof. (Präzisionsmeßtechnik, TU Braunschweig, PTB Braunschweig), Nernstweg 9, 38116 Braunschweig
- Kowalsky, Wolfgang (23.3.1958), Dr.-Ing.habil., Prof. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Dorothea-Erxleben-Straße 41 b, 38116 Braunschweig

- Lautz, Günter (15.11.1923), Dr.rer.nat., Prof.em. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 38302 Wolfenbüttel
- Leilich, Hans-Otto (28.11.1925), Dr.-Ing., Prof.em. (Datenverarbeitungsanlagen, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 61 a, 38302 Wolfenbüttel
- Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof.em. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 32, 38302 Wolfenbüttel
- Leschonski, Kurt (17.12.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal), Am Dammgraben 20, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Lindmayer, Manfred (4.10.1941), Dr.-Ing., Prof. (Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig), Am Papenholz 15, 38104 Braunschweig
- Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing., Prof.em. (Mechanik, TU Hamburg-Harburg), Hermann-Löns-Weg 17 f, 21220 Seevetal
- Marx, Claus (21.8.1931), Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof. (Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung, TU Clausthal), Am Stollen 18, 38640 Goslar
- Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 38116 Braunschweig
- Mecke, Wilhelm (12.8.1907), Dr.-Ing., Prof.em. (Straßenwesen und Erdbau, TU Braunschweig), Pascheburgring 8, 37154 Northeim
- Merker, Günter Peter (9.4.1942), Dr.-Ing.habil., Prof. (Thermodynamik und Kältetechnik, Universität Hannover), Deichstraße 23, 30823 Garbsen
- Mitschke, Manfred (5.5.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Buchfinkweg 1, 38112 Braunschweig
- Möller, Dietrich (18.12.1927), Dr.-Ing., Prof.em. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Steinkamp 6, 38165 Lehre
- Mühlbauer, Alfred (9.11.1932), Dr.-Ing. Dr.h.c., Prof. (Elektrowärme, Universität Hannover), Westerfeldweg 44, 30900 Wedemark
- Musmann, Hans-Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 38259 Salzgitter
- Natke, Hans Günther (9.5.1933), Dr.rer.nat., Dr.h.c.mult., Prof. (Dynamik, Schall- und Meßtechnik, Universität Hannover), Pyrmonter Straße 51, 30459 Hannover
- Partenscky, Hans-Werner (3.4.1926), Dr.-Ing., Dr.phys., Dr.h.c., Prof. (Verkehrswasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover), Wiehbergstraße 20, 30519 Hannover
- Peil, Udo (20.4.1944), Dr.-Ing., Prof. (Stahlbau, TU Braunschweig), Försterkamp 9, 38302 Wolfenbüttel
- Pelzer, Hans (20.1.1936), Dr.-Ing., Prof. (Vermessungskunde, Universität Hannover), An der Worth 26, 30966 Hemmingen
- Popp, Karl (14.8.1942), Dr.-Ing., Prof. (Mechanik, Universität Hannover), Sauerbruchweg 49, 31535 Neustadt/Rbge.

- Reimers, Ulrich (23.3.1952), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Kollwitzstraße 28, 38159 Vechelde
- Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschestraße 26, 38126 Braunschweig
- Rothert, Heinrich (5.12.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik, Universität Hannover), Feldbrunnenstraße 15, 20148 Hamburg
- Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 30559 Hannover
- Schnieder, Eckehard (7.2.1949), Dr.-Ing., Prof. (Regelungs- und Automatisierungstechnik, TU Braunschweig), Friedrich-Knoll-Straße 3, 38104 Braunschweig
- Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof.em. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Fürstenhofweg 1 A, 38667 Bad Harzburg
- Schulitz, Helmut C. (17.7.1936), Dipl.-Ing., M.Arch., Arch.BDA, Hon.FAIA, Prof. (Architektur, TU Braunschweig), Am Dahlumer Holze 27, 38126 Braunschweig
- Schwedes, Jörg (26.2.1938), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU Braunschweig), Fasanenstraße 17, 38102 Braunschweig
- Schwerdtfeger, Klaus (16.9.1934), Dr.-Ing., Prof. (Allgemeine Metallurgie, TU Clausthal), Zeppelinstraße 28, 38640 Goslar
- Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c.mult., Prof.em. (Baumechanik, Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 30916 Isernhagen
- Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Dr.h.c., Prof. (Regelungstechnik, Universität Hannover), Westermannweg 7, 30419 Hannover
- Tönshoff, Hans Kurt (14.5.1934), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Universität Hannover), Bruchholzwiesen 10, 30938 Burgwedel
- Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h.mult, Dr.rer.nat.h.c., Prof.em. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 38116 Braunschweig
- Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing., Dr.sc.techn.h.c., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 20, 38116 Braunschweig
- Wiendahl, Hans-Peter (11.2.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Arbeitsmaschinen und Fabrikanlagen, Universität Hannover), Am Winkelberge 6, 30826 Garbsen
- Wriggers, Peter (3.2.1951), Dr.-Ing., Prof. (Baumechanik und Numerische Mechanik, Universität Hannover), Bödekerstraße 8, 30161 Hannover
- Zabeltitz, Christian von (7.8.1932), Dr.-Ing., Prof. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover), Hellwiesen 3, 30900 Wedemark
- Zenner, Harald (8.7.1938), Dr.-Ing., Prof. (Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal), Siebensternweg 22, 38678 Clausthal-Zellerfeld
- Zielke, Werner (8.7.1937), Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, Universität Hannover), Lönsweg 31, 30826 Garbsen

Korrespondierende Mitglieder:

- Baehr, Hans-Dieter, Dr.-Ing., Dr.E.h., Prof. (Thermodynamik, Universität Hannover),
Dürerstraße 9, 44795 Bochum
- Bjerhammer, Arne, tekn.dr., Prof. (Geodäsie, Kungl. Tekniska Högskolan Stockholm)
Schweden
- Funke, Paul, Dr.-Ing., Prof. (Werkstoffumformung, TU Clausthal), Arnikaweg 12, 38678
Clausthal-Zellerfeld
- Garbrecht, Günther, Dr.-Ing., Dr.sc.h.c., Prof.em. (Wasserbau, Wasserwirtschaft und
Kulturtechnik, TU Braunschweig), Drosselweg 15, 38179 Schwülper
- Gersten, Klaus, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Thermo- und Fluidodynamik, Universität
Bochum), Hofleite 15, 44795 Bochum
- Gilles, Ernst Dieter, Dr.-Ing. Dr.h.c.mult., Direktor (Mess- und Regelungstechnik, MPI
Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg), Bauernwaldstraße 131, 70195
Stuttgart
- Grigull, Ulrich, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Thermodynamik, TU München),
Heinrich-Vogl-Straße 1, 81479 München
- Hofmann, Wilhelm, Dr.-Ing., Prof.em. (Baukonstruktion und Entwerfen, Universität Han-
nover), Wohnstift Augustinum, App. 5513, Renteillichtung 8, 45134 Essen
- Kärner, Hermann Christian, Dr.-Ing., Dr.h.c., Prof. (Hochspannungstechnik, TU Braun-
schweig), Lessingstraße 10 a, 94575 Windorf
- Kistenmacher, Hans, Dr.rer.pol., Prof. (Regional- und Landesplanung, Universität Kaisers-
lautern), Friedrich-Ebert-Straße 1, 67271 Neuleiningen
- Krätzig, Wilfried B., Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Statik und Dynamik/Bauingenieurwe-
sen, Ruhr-Universität Bochum), Wagenfeldstraße 8 A, 58456 Witten
- Mayinger, Franz, Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU München), Am Haselnußstrauch 18,
80935 München
- Menn, Christian, Prof.em. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. (Konstruktiver Ingenieurbau, ETH
Zürich), Plantaweg 21, 7000 Chur Schweiz
- Moritz, Helmut, Dr.techn., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Erdmessung und Physikalische Geodäsie,
TU Graz), Maria-Troster-Straße 114, A-8043 Graz/Österreich
- Pierick, Klaus, Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung,
TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 38108 Braunschweig
- Ruge, Jürgen, Dr.-Ing., Prof.em. (Schweißtechnik und Werkstofftechnologie, TU Braun-
schweig), Waldstraße 16, 82110 Germering
- Schlitt, Herbert, Dr.phil.nat., Prof. (Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg),
Egerlandstraße 5, 91058 Erlangen
- Spengelin, Friedrich, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Universität Hannover), Habichtshorst-
straße 12, 30655 Hannover

- Steck, Elmar, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof. (Mechanik, TU Braunschweig), Mauernstraße 12, 38312 Börssum/Bornum
- Stracke, Ferdinand, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau und Regionalplanung, TU München), Karlstraße 43/II, 80333 München
- Torge, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Universität Hannover), Mönchekamp 4 A, 30457 Hannover
- Triebe, Wolfgang, Dr.-Ing., Honorarprof. (Bauforschung, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße 48, 30173 Hannover
- Truckenbrodt, Erich, Dr.-Ing., Dr.-Ing.E.h., Prof.em. (Strömungsmechanik, TU München), Josef-Würth-Straße 12, 82031 Grünwald
- Weimann, Günter, Dr.-Ing., Prof.em. (Photogrammetrie und Kartographie, TU Braunschweig), Knupfertal 40, 89520 Heidenheim
- Zerna, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof.em. (Konstruktiver Ingenieurbau, Universität Bochum), Am Wittenstein, 45527 Hattingen
- Zumpe, Günter, Dr.-Ing.habil., Dr.h.c., Prof. (Mechanik, TU Dresden), Goetheallee 32 A, 01309 Dresden

Klasse für Geisteswissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr.phil.habil. Hans-Joachim Behr (bis 31.12.2001)

Ordentliche Mitglieder:

- Alpers, Klaus (27.9.1935), Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Hamburg), Kolberger Straße 12, 21339 Lüneburg
- Behr, Hans-Joachim (18.1.1949), Dr.phil.habil., Prof. (Ältere deutsche Sprache und Literatur, TU Braunschweig), Steige 8, 38102 Braunschweig
- Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Osnabrück), Lönsweg 10, 49076 Osnabrück
- Cunz, Reiner (12.4.1958), Dr.phil., Nds. Landesnumismatiker, Wiss. Leiter des Nds. Münzkabinetts der Deutschen Bank (Numismatik, Landesmuseum Hannover), Meitnerstraße 4, 30627 Hannover
- Fritz, Wolfgang (12.7.1951), Dr.rer.pol.habil., Prof. (Betriebswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Rebenstraße 89, 64646 Heppenheim
- Gahl, Klaus P. G. (14.6.1937), Dr.med., Prof. u. Chefarzt (Innere Medizin, Medizinische Klinik II am Städtischen Klinikum Braunschweig), Dürerstraße 10, 38106 Braunschweig
- Henne, Helmut (5.4.1936), Dr.phil., Prof.em. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Platanenstraße 27, 38302 Wolfenbüttel
- Hentze, Joachim (23.6.1940), Dr.rer.pol.habil. Dr.h.c., Prof. (Betriebswirtschaftslehre: Unternehmensführung, TU Braunschweig), Brachvogelweg 4, 30916 Isernhagen

- Kühne, LL.M., Gunther (25.8.1939), Dr.jur., Prof. (Berg- und Energierecht, TU Clausthal),
Geheimrat-Ebert-Straße 1, 38640 Goslar
- Lohse, Eduard (19.2.1924), Dr.theol.D., Honorarprof. u. Landesbischof i. R. (, Ev.-luth.
Landeskirche Hannover), Ernst-Curtius-Weg 7, 37075 Göttingen
- Märtl, Claudia (3.7.1954), Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität
München), Preysingstraße 29, 81667 München
- Meckseper, Cord (29.10.1934), Dr.-Ing.habil., Prof. (Bau- und Kunstgeschichte, Univer-
sität Hannover), Eisenacher Weg 4, 30179 Hannover
- Mohr, Hans Heinrich (1.6.1917), Dr.rer.pol. (Versicherungswissenschaften) , Am Bürger-
park 4 a, 38102 Braunschweig
- Müller, Gerhard (10.5.1929), Dr.theol., D.D., Honorarprof. u. Landesbischof i.R.,
(Ev.-luth. Landeskirche Braunschweig), Sperlingstraße 59, 91056 Erlangen
- Oberbeck, Gerhard (5.10.1925), Dr.rer.nat., Prof.em. (Geographie und Wirtschaftsgeo-
graphie, Universität Hamburg), Ginsterweg 4, 25474 Ellerbek
- Peine, Franz-Joseph (18.8.1946), Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht, Universität Göttingen),
Kurpromenade 71 b, 14089 Berlin
- Pollmann, Klaus Erich (12.9.1940), Dr.phil., Prof. u. Rektor (Neuere Geschichte und
Zeitgeschichte, Universität Magdeburg), Glogaustraße 17, 38124 Braunschweig
- Raabe, Paul (21.2.1927), Dr.phil.habil., Dr.h.c.mult., apl. Prof. u. Dir. i.R. (Deutsche
Literaturwissenschaft, Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel),
Roseggerweg 45, 38304 Wolfenbüttel
- Rengeling, Hans-Werner (25.2.1938), Dr.jur., Prof. (Umweltrecht, Universität Osnabrück),
Langeworth 143, 48159 Münster
- Rötting M.A., Hartmut (11.8.1932) , Honorarprof. (Denkmalpflege, Stadtarchäologie,
TU Braunschweig), Lobmachersche Straße 18, 38312 Cramme
- Salje, Peter (8.2.1948), Dr.jur., Dr.rer.pol., Prof. (Rechtswissenschaften, Universität Han-
nover), Kollenrodtstraße 7, 30161 Hannover
- Scheier, Claus-Artur (8.9.1942), Dr.med., Dr.phil.habil., Prof. (Philosophie, TU Braun-
schweig), Jasperallee 77, 38102 Braunschweig
- Schillemeit, Jost (18.2.1931), Dr.phil., Prof.em. (Deutsche Literaturwissenschaft, TU Braun-
schweig), Friedensallee 48, 38104 Braunschweig
- Schindel, Ulrich (10.10.1935), Dr.phil.habil., Prof. (Klassische Philologie, Universität
Göttingen), Albert-Schweitzer-Straße 3, 37075 Göttingen
- Schmidt-Glintzer, Helwig (24.6.1948), Dr.phil.habil., Prof. u. Dir. (Sinologie, Allgemeine
Kulturwissenschaft, Universität Göttingen, Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel),
Lessingplatz 1, 38300 Wolfenbüttel
- Schwarz, Brigide (19.1.1940), Dr.phil., Prof. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, Universität
Hannover), Geibelstraße 2, 12205 Berlin

- Thieme, Hartmut (20.11.1947), Dr.rer.nat., Leiter d. Archäol. Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlenrevier (Ur- und Frühgeschichte, Nieders. Landesamt f. Denkmalpflege Hannover), Schaumburger Weg 9, 31542 Bad Nenndorf
- Thieme, Werner (13.10.1923), Dr.jur., Prof.em. (Verwaltungslehre, Universität Hamburg), Berggartenstraße 14, 29223 Celle
- Thies, Harmen (26.12.1941), Dr.phil., Prof. (Baugeschichte, TU Braunschweig), Rodeweg 3, 38162 Abbenrode
- Vollmer, Gerhard, Dr.rer.nat. Dr.phil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Zaunkönigsweg 5, 38026 Garbsen
- Warncke, Carsten-Peter (21.6.1947), Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Göttingen), Schöne Aussicht 59, 34346 Hann. Münden
- Wilhelm, Herbert (8.6.1922), Dr.oec., Prof.em. (Volkswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Hirschbergstraße 16, 38124 Braunschweig
- Zahlten, Johannes (25.1.1938), Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, HBK Braunschweig), Olfermannstraße 11, 38102 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

- Borst, Arno, Dr.phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Konstanz), Längerbühlstraße 42, 78467 Konstanz
- Brett, Michael, Ph.D., Reader in the History of North Africa (Arabisch u. Arabische Geschichte mit besonderer Berücksichtigung Nordafrikas, School of Oriental and African Studies, London), 142 Turney Road, West Dulwich, GB-London SE 21 7 JJ/Groß Britannien
- Burkert, Walter, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Zürich), Wildsbergstraße 8, CH-8610 Uster/Schweiz
- Cohen-Mushlin, Aliza, Ph.D., Dir. (Jüdische Kunst, Center for Jewish Art, The Hebrew University of Jerusalem), 19 Efrata St., Jerusalem 93384/Israel
- Ehlers, Joachim, Dr.phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, FU Berlin), Am Wieselbau 9, 14169 Berlin
- Elbern, Victor H., Dr.phil., Accademico dei Lincei, Honorarprof. (Kunstgeschichte, FU Berlin), Ilsesteinweg 42, 14129 Berlin
- Engel Holland, Eva Johanna, Dr.phil., Prof.em. (Germanistik und Romanistik, Wellesley College/USA und Forschungsauftrag DFG Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Schloßplatz 10, 38304 Wolfenbüttel
- Esch, Arnold, Dr.phil., Prof. u. Dir. (Mittelalterliche Geschichte, Deutsches Historisches Institut in Rom), Via della Lungara, 18, 00186 I-Roma/Italien
- Fleckenstein, Josef, Dr.phil., Prof.em. u. Dir. i.R. (Mittelalterliche Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Zur Akelei 37, 37077 Göttingen

- Garrigues, Marie-Odile, Dr.phil., Prof. (Philosophie und Theologie, Centre Nationale de la Recherche Scientifique Paris), Frankreich
- Hopt, Klaus J., Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c.mult., Prof. u. Dir. (Ausländisches und Internationales Privatrecht, MPI für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg), Isestraße 117, 20148 Hamburg
- Klibansky, Raymond, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Wolfson College, Oxford University), GB-Oxford OX2 6UD/Großbritannien
- Kloft, Hans, Dr.phil., Prof. (Alte Geschichte und Wirtschaftsgeschichte, Universität Bremen), Wernigeroder Straße 36, 28205 Bremen
- Lavrov, Sergej, Dr., Prof. (Ökonomische Geographie, Universität Sankt Petersburg), GUS
- Narkiss, Bezalel, Dr.phil., Prof. u. Dir. (Dep. of Art History, Index of Jewish Art, The Hebrew University Jerusalem), Humanities Building, Mt. Scopus, 91042 Jerusalem/Israel
- Neumann, Günter, Dr.phil., Prof.em. (Sprachwissenschaften, Universität Würzburg), Thüringer Straße 20, 97078 Würzburg
- Oexle, Otto G., Dr.phil., Prof. u. Dir. (Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Planckstraße 15, 37073 Göttingen
- Peroni, Adriano, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L'Affrico 164, I-50137 Florenz/Italien
- Poeschke, Joachim, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Münster), Nordplatz 1, 48149 Münster
- Rambaldi, Enrico, Dr.phil., Prof. (Universität Mailand), Via Monte Bianco 36, I-20149 Mailand/Italien
- Rosen, Stanley, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Pennsylvania State University), USA
- Schneidmüller, Bernd, Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Bamberg), Reuthersberg 18, 96135 Stegaurach
- Schwerdtfeger, Gunther, Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht und Recht der sozialen Sicherung, Universität Hannover), Hülsebrinkstraße 23, 30974 Wennigsen (Deister)
- Seidensticker, Bernd, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Freie Universität Berlin), Terrassenstraße 17 a, 14129 Berlin
- Szlezák, Thomas Alexander, Dr.phil., Prof. (Griechische Philosophie, Universität Tübingen), Neckarhalde 3, 72070 Tübingen
- Tsujimura, Koichi, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Kyoto), Sakyoku, Kamitakano, Higashidacho 12, J-606 Kyoto/Japan
- Ullmann, Ernst, Dr.phil.habil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Leipzig), Tschaikowskistraße 12, 04105 Leipzig
- Voppel, Götz, Dr.rer.pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln), eckarstraße 58, 51149 Köln
- Zeitler, Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Universität Uppsala), Regngatan 16, S-75431 Uppsala/Schweden

- Garrigues, Marie-Odile, Dr.phil., Prof. (Philosophie und Theologie, Centre Nationale de la Recherche Scientifique Paris), Frankreich
- Hopt, Klaus J., Dr.jur. Dr.phil. Dr.h.c.mult., Prof. u. Dir. (Ausländisches und Internationales Privatrecht, MPI für ausländisches und internationales Privatrecht, Hamburg), Isestraße 117, 20148 Hamburg
- Klibansky, Raymond, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Wolfson College, Oxford University), GB-Oxford OX2 6UD/Großbritannien
- Kloft, Hans, Dr.phil., Prof. (Alte Geschichte und Wirtschaftsgeschichte, Universität Bremen), Wernigeroder Straße 36, 28205 Bremen
- Lavrov, Sergej, Dr., Prof. (Ökonomische Geographie, Universität Sankt Petersburg), GUS
- Narkiss, Bezalel, Dr.phil., Prof. u. Dir. (Dep. of Art History, Index of Jewish Art, The Hebrew University Jerusalem), Humanities Building, Mt. Scopus, 91042 Jerusalem/Israel
- Neumann, Günter, Dr.phil., Prof.em. (Sprachwissenschaften, Universität Würzburg), Thüringer Straße 20, 97078 Würzburg
- Oexle, Otto G., Dr.phil., Prof. u. Dir. (Geschichte, MPI für Geschichte, Göttingen), Planckstraße 15, 37073 Göttingen
- Peroni, Adriano, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L' Affrico 164, I-50137 Florenz/Italien
- Poeschke, Joachim, Dr.phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Münster), Nordplatz 1, 48149 Münster
- Rambaldi, Enrico, Dr.phil., Prof. (Universität Mailand), Via Monte Bianco 36, I-20149 Mailand/Italien
- Rosen, Stanley, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Pennsylvania State University), USA
- Schneidmüller, Bernd, Dr.phil.habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Bamberg), Reuthersberg 18, 96135 Stegaurach
- Schwerdtfeger, Gunther, Dr.jur., Prof. (Öffentliches Recht und Recht der sozialen Sicherung, Universität Hannover), Hülsebrinkstraße 23, 30974 Wennigsen (Deister)
- Seidensticker, Bernd, Dr.phil., Prof. (Klassische Philologie, Freie Universität Berlin), Terrassenstraße 17 a, 14129 Berlin
- Szlezák, Thomas Alexander, Dr.phil., Prof. (Griechische Philosophie, Universität Tübingen), Neckarhalde 3, 72070 Tübingen
- Tsujimura, Koichi, Dr.phil., Prof. (Philosophie, Universität Kyoto), Sakyoku, Kamitakano, Higashidacho 12, J-606 Kyoto/Japan
- Ullmann, Ernst, Dr.phil.habil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Leipzig), Tschaikowskistraße 12, 04105 Leipzig
- Voppel, Götz, Dr.rer.pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln), eckarstraße 58, 51149 Köln
- Zeitler, Rudolf, Dr.phil., Prof.em. (Universität Uppsala), Regngatan 16, S-75431 Uppsala/Schweden

